



TUGAS AKHIR - TK 090324

PABRIK SODIUM NITRAT DARI SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES SINTESIS

RIKI SUTANTO
NRP. 2311 030 037

FEBRY FAHRINA LESTARY
NRP. 2311 030 069

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, MS

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TK 090324

SODIUM NITRATE PLANT FROM SODIUM HYDROXIDE AND NITRIC ACID WITH SYNTHETIC PROCESS

RIKI SUTANTO
NRP. 2311 030 037

FEBRY FAHKRINA LESTARY
NRP. 2311 030 069

Supervisor
Ir. Agung Subyakto, MS

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

**PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO_3) DARI
ASAM NITRAT (HNO_3) DAN SODIUM
HIDROKSIDA (NaOH) DENGAN PROSES
SINTESIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Ahli Madya

Pada

Program Studi DIII Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun oleh :

Riki Sutanto

(2311 030 037)

Febry Fahrina Lestary

(2311 030'069)

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ir. Agung Subyakto, MS

NIP. 19580312 198601 1 001

**LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS
AKHIR**

**PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO_3) DARI
ASAM NITRAT (HNO_3) DAN SODIUM
HIDROKSIDA (NaOH) DENGAN PROSES
SINTESIS**

Disusun oleh :

**Riki Sutanto
Febry Fahkrina Lestary**

**(2311 030 037)
(2311 030 069)**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing**



**Ir. Agung Subyakto, MS
NIP. 19580312 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2014

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS
AKHIR**

**PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO_3) DARI
ASAM NITRAT (HNO_3) DAN SODIUM
HIDROKSIDA (NaOH) DENGAN PROSES
SINTESIS**

Disusun oleh :

Riki Sutanto

(2311 030 037)

Febry Fahkrina Lestary

(2311 030 069)

**Mengetahui / menyetujui
Dosen Pembimbing**



Ir. Agung Subyakto, MS
NIP. 19580312 198601 1 001



**Ketua Program Studi
D3 Teknik Kimia FTI-ITS**

Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 19540220 198701 1 001

**Koordinator Tugas Akhir
D3 Teknik Kimia FTI-ITS**



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada tanggal 25 Juni 2014, dengan judul **“PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO_3) DARI ASAM NITRAT (HNO_3) DAN SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) DENGAN PROSES SINTESIS”**, yang disusun oleh :

Riki Sutanto

(2311 030 037)

Febry Fahkrina Lestary

(2311 030 069)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji

Dosen Penguji



Prof. Dr.Ir.Danawati Hari Prajitno, M.Pd

Saidah Altway, ST, M.Sc

NIP. 19510729 198603 2 001

NIP. 19880818 201212 2 002

Mengetahui

**Koordinator Tugas Akhir
D3 Teknik Kimia FTI-ITS**

Dosen Pembimbing



Dr.Ir.Ninie Fajar Puspita, M.Eng

Ir.Agung Subyakto, MS

NIP. 19630805 198903 2 002

NIP. 19580312 198601 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah memberikan berkat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pabrik Sodium Nitrat dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat dengan Proses Sintesis**.

Tugas akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip - prinsip perhitungan dari peralatan – peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya atas selesainya proposal Tugas Akhir ini, penulis ingin ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, ibu, kakak, dan adik yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
3. Ir. Budi setiawan, MT, selaku Koordinator Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Dr. Ir. Niniek fajar Puspita,M. Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Ir. Agung Subyakto, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas

Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Rekan – rekan angkatan 2011 Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar – besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata – kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juli 2014

TTD
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Dasar Teori	I-7
I.3. Kegunaan	I-11
I.4. Sifat Fisika dan Kimia	I-12
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	
II.1 Macam Proses	II-1
II.2 Seleksi Proses	II-7
II.3 Uraian Proses Terpilih	II-9
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
BAB VI UTILITAS	
VI.1. Unit Penyediaan Air	VI-1
VI.2. Unit Penyediaan Steam	VI-7
VI.3. Unit Penyediaan Listrik	VI-9
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	
VII.1. Pendahuluan	VII-1
VII.2. Sebab-sebab timbulnya kecelakaan	VII-2
VII.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pabrik Sodium Nitrat	VII-20
BAB VIII INSTRUMENTASI	
VIII.1. Instrumentasi Secara Umum	VIII-1
VIII.2. Instrumentasi pada Pabrik Sodium Nitrat	VIII-3

BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI

KIMIA	IX-1
BAB X KESIMPULAN	X-1
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR PUSTAKA	xi
LAMPIRAN :	

APPENDIKS A NERACA MASSA	A -1
--------------------------------	------

APPENDIKS B NERACA PANAS	B -1
--------------------------------	------

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT	C -1
------------------------------------	------

Flowsheet Pabrik Sodium Nitrat

Flowsheet Utilitas Pabrik Sodium Nitrat

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Lokasi pembangunan pabrik sodium nitrat.....	I-7
Gambar II.1 Blok Diagram Proses Guggenheim	II-3
Gambar II.2 Blok Diagram Proses Sintesis	II-9

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia.....	I-3
Tabel I.2 Perkiraan Kebutuhan Sodium Nitrat.....	I-4
Tabel I.3 Data Impor Sodium Nitrat Beberapa Negara di Asia	I-4
Tabel I.4 Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersil di Dunia.....	I-5
Tabel I.5 Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersil di Dunia.....	I-8
Tabel II.1 Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat	II-5
Tabel VI.1 Kualitas Air Sungai Cipasauran.....	VI-2
Tabel VI.2 Kualitas Air Hasil Olahan	VI-4
Tabel VI.3 Rekomendasi Batas Air Boiler	VI-8
Tabel VI.4 Rekomendasi Batas Air Umpan.....	VI-8
Tabel VII.1 Rincian Bahan Kimia yang Digunakan di Pabrik	VII-4
Tabel VII.1 Alat Pelindung	VII-16
Tabel VIII.1 Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat.....	VIII-3

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan zaman, pembangunan di segala bidang makin harus diperhatikan. Salah satu jalan untuk meningkatkan taraf hidup bangsa adalah dengan pembangunan industri kimia, baik yang menghasilkan suatu produk jadi maupun produk antara untuk diolah lebih lanjut. Salah satu produk intermediet adalah sodium nitrat. Pemenuhan akan sodium nitrat nasional hingga saat ini masih dengan mengimpor dari luar negeri karena di Indonesia belum ada industri sodium nitrat. Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk antara ini sangat penting, karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang pada akhirnya akan dapat mengurangi pengeluaran devisa untuk mengimpor barang tersebut, termasuk diantaranya adalah sodium nitrat.

Bahan baku pembuatan sodium nitrat (NaNO_3) adalah sodium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3). Sodium nitrat merupakan bahan kimia intermediet dalam pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen, pembuatan *dynamite*, pembuatan kalium nitrat, pembuatan kaca, dan sebagai reagen pada kimia analisa, obat-obatan, korek api, bahan bakar roket, serta digunakan sebagai bahan pengawet makanan.

Kebutuhan sodium nitrat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya. Oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan sodium nitrat dalam negeri dan diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru.



I.1.1 Sejarah Sodium Nitrat

Sodium nitrat adalah tipe garam NaNO_3 yang telah lama digunakan sebagai komposisi bahan peledak dan dalam bahan bakar pada roket, juga pada kaca. Senyawa ini juga disebut *caliche*, *saltpeter* dan *soda niter*. Deposit alami *caliche* terbesar di dunia ialah di Gurun Atacama, Chili dan banyak deposit ditambang selama lebih dari satu abad, sampai 1940-an. Mantan komunitas penambang Chili dai Humberstone and Santa laura mendeklarasikan sebagai salah satu warisan dunia UNESCO pada tahun 2005. Chili masih memiliki cadangan terbesar *caliche*, dengan pertambangan aktif di tempat-tempat seperti Pedro de Valdivia, Maria Eena dan Pampa Blanca. Sodium nitrat seluruhnya diperoleh dari pemrosesan *caliche*. Sodium nitrat juga diolah secara sintesis dengan mereaksikan asam nitrat dengan abu soda. Sodium nitrat memiliki sifat antimikrobia sehingga digunakan sebagai pengawet makanan. Senyawa ini mempunyai efek samping pada kesehatan jika dikonsumsi dalam dosis tinggi. (Othmer,1978).

I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya, oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) dalam negeri dan diharapkan juga dapat membuka lapangan kerja baru. Kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) di Indonesia sampai saat ini masih diimpor dari luar negeri. Dengan demikian, pembangunan industri kimia yang menghasilkan sodium nitrat ini sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang pada akhirnya akan dapat mengurangi pengeluaran devisa untuk mengimpor sodium nitrat.



I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik asam nitrat yang sudah ada di Indonesia adalah PT.Nitrokimia Industri. Sedangkan pabrik asam nitrat di luar negeri sudah ada di Dow, Freeport, Texas. Bahan baku sodium hidroksida berasal dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon.

I.1.4 Kebutuhan dan Aspek Pasar

Dalam pendirian suatu pabrik, analisa pasar untuk penentuan kapasitas pabrik adalah penting. Dengan kapasitas yang ada maka dapat ditentukan perhitungan neraca massa, neraca panas, spesifikasi alat dan analisa ekonomi. Bahan baku yang digunakan oleh pabrik sodium nitrat ini adalah asam nitrat dan sodium hidroksida.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik sodium nitrat dari asam nitrat dan sodium hidroksida adalah kapasitas pabrik. Pabrik sodium nitrat dengan bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2019, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor. Berikut merupakan data mengenai impor sodium nitrat di Indonesia yang disajikan pada **Tabel I.1**.

Tabel I.1 Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia

Tahun	Impor (ton)/tahun	Pertumbuhan
2009	6.119,486	-
2010	6.209,147	0,0146
2011	7.161,591	0,1533
2012	7.986,723	0,1152
Pertumbuhan rata-rata		0,0944

(Badan Pusat Statistik)

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, maka dapat diperhitungkan perkiraan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia pada tahun-tahun mendatang berdasarkan pertumbuhan rata-rata impor Sodium nitrat.



Berikut merupakan perkiraan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia dari tahun 2013–2020 yang disajikan pada **Tabel 1.2**.

Tabel 1.2 Perkiraan Kebutuhan Sodium Nitrat

Tahun	Sodium Nitrat (ton)
2013	8.740,80
2014	9.565,93
2015	10.468,95
2016	11.457,21
2017	12.538,77
2018	13.722,43
2019	15.017,82
2020	16.435,50

Kebutuhan sodium nitrat di dunia (Malaysia, Thailand, India dan Jepang) juga diperkirakan akan terus mengalami peningkatan sesuai dengan data-data komoditas import dari negara-negara tersebut yang tercantum dalam **Tabel 1.3**.

Tabel 1.3 Data Impor Sodium Nitrat beberapa Negara di Asia

Tahun	Import (Ton/Tahun)			
	Malaysia	Thailand	India	Jepang
2009	2.210,361	2.917,516	3.908,287	11.640,699
2010	2.231,550	3.847,431	2.565,968	10.757,990
2011	924,652	3.927,041	1.554,243	12.757,539
2012	1.007,923	2.802,096	2.552,000	12.521,000

(UN Nations Data)

1.1.5 Kapasitas dan Lokasi Pabrik

1.1.5.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam memproduksi sodium nitrat harus diperhitungkan juga kapasitas produksi yang menguntungkan. Berikut adalah beberapa faktor penting dalam perhitungan kapasitas pabrik yaitu:



- Ketersediaan bahan baku
- Kapasitas produksi minimal
- Jumlah kebutuhan/konsumsi Sodium nitrat di Indonesia

Kapasitas produksi secara komersial dari pabrik yang telah ada di dunia disajikan pada **Tabel I.4**

Tabel I.4 Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersial Di Dunia

Pabrik	Proses	Kapasitas (ton/th)
Deepak Nitrite Ltd. Bombay	Sintesis	40.000
Qena Distriq Egypt	Shank	113.000
Amerika	Sintesis	210.000
Maria Elina, Chilli	Gugenheim	520.000
Pedro de valdivia	Gugenheim	750.000

(Othmer, 1997)

Berdasarkan perkiraan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia pada tahun 2019 dan berdasarkan kebutuhan sodium nitrat dari negara-negara tetangga serta mempertimbangkan kapasitas produksi sodium nitrat komersial dari pabrik yang telah ada di dunia maka disimpulkan kapasitas pabrik Sodium Nitrat sebesar 40.000 ton/tahun dengan anggapan 330 hari kerja, diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 100% yang diperkirakan pada tahun 2019 mencapai sekitar 15.000 ton/tahun.
2. Dapat memberikan keuntungan karena dapat membantu memenuhi kebutuhan sodium nitrat dari negara tetangga (Malaysia, Thailand, India dan Jepang).
3. Dapat merangsang berdirinya industri kimia lain yang menggunakan bahan baku maupun bahan pembantu sodium nitrat.
4. Dapat memperluas lapangan kerja.



1.1.5.2 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik sodium nitrat dari sodium hidroksida dan asam nitrat di pilih di Cilegon, Banten. Pertimbangannya dijelaskan sebagai berikut:

1. Ditinjau dari lokasi sumber bahan baku
Lokasi ini dipilih karena berdekatan dengan sumber bahan baku (Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat). Bahan baku Asam nitrat berasal dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek. Bahan baku Sodium hidroksida berasal dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon.
2. Alat angkutan (transportasi)
Kawasan industri Cilegon dekat dengan Pelabuhan Merak dan tersedia sarana transportasi jalan raya, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk.
3. Tenaga Kerja
Kawasan industri Cilegon terletak di daerah Jawa dan Jabotabek yang memiliki banyak lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.
4. Sumber air
Lokasi yang dipilih dekat dengan sumber air yang mana sangat diperlukan dalam proses produksi. Penyediaan air diperoleh dari sungai sekitar kawasan pabrik.



Gambar I.1 Lokasi Pembangunan Pabrik Sodium Nitrat

I.2 Dasar Teori

I.2.1 Sodium Hidroksida

Sodium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai caustic soda atau natrium hidroksida. Sodium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 40-42%. Sodium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Sodium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan sodium hidroksida dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan kalium hidroksida. Sodium hidroksida digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, sabun, detergen dan lain-lain. (Othmer,1978).



1.2.2 Asam Nitrat

Asam nitrat (HNO_3) yang juga dikenal sebagai hidrogen nitrat ataupun nitril hidroksida. Dikarenakan sifat asam dan pengoksidasinya yang sangat kuat, asam nitrat umumnya digunakan pada proses pembuatan banyak bahan-bahan kimia seperti obat-obatan, bahan pewarna, serat sintetik, insektisida dan fungisida, namun umumnya juga banyak digunakan pada pembuatan ammonium nitrat pada industri pupuk. Setelah era perang dunia kedua kebutuhan akan asam nitrat bergeser ke arah produksi bahan-bahan peledak seperti nitro toluene dan nitro gliserine. (Othmer, 1978).

1.2.3 Sodium Nitrat

Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan bahan kimia intermediet. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chili dan merupakan endapan yang cukup lebar, yaitu 8-65 km serta tebal 0,3-1,2m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengeringan. Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat di antaranya mudah larut dalam air, gliserol dan alkohol. Mempunyai titik lebur pada temperatur 308°C serta meledak pada temperatur 1000°C .

Kapasitas produksi Sodium Nitrat di dunia adalah 40.000 ton per tahun dan terbesar adalah 750.000 ton per tahun seperti yang tercantum dalam **Tabel 1.5** berikut:

Tabel 1.5 Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Di Dunia

Pabrik	Proses	Kapasitas (ton/th)
Deepak Nitrite Ltd. Bombay	Sintesis	40.000
Qena Distriq Egypt	Shank	113.000
Amerika	Sintesis	210.000
Maria Elina, Chilli	Gugenheim	520.000
Pedro de valdivia	Gugenheim	750.000



(Othmer, 1978).

Dalam pembuatan sodium nitrat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

A. Proses Shank

Proses Shank meliputi tahap operasi *size reduction*, *leaching*, *washing*, *crystalizing* dan *drying*. Bahan baku yang berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang mengandung NaNO_3 . Proses *Shank* dimulai dengan memasukkan potongan-potongan garam Chile yang berukuran sekitar 10 in dimasukkan ke dalam *crusher* untuk dihancurkan menjadi potongan berukuran sekitar 1,5 sampai 2 in. Potongan kemudian dimasukkan ke dalam tabung-tabung baja, masing-masing memuat 75 ton dan alat tersebut dilengkapi dengan koil pemanas uap air. Selanjutnya dilakukan operasi *leaching*, dimana operasi tersebut membutuhkan waktu sekitar 8 hari. Cairan hasil *leaching* kemudian dibawa ke *crystallizing pan*. Hasil dari kristalisasi dibawa ke pengering untuk dikeringkan.

Pada prinsipnya proses *Shank* utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat selain (NaNO_3) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh (NaNO_3) dengan kadar sekitar 60%. (Othmer, 1978).

B. Proses Guggenheim

Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shanks, karena proses Shanks tidak efektif baik dalam proses ekstrasinya maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1920 *Guggenheim Brothers* mengembangkan proses *leaching* dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :

- a) Jika proses *leaching* dilakukan pada temperatur rendah 40C hanya sodium nitrat yang terekstraksi, impuritas lainnya seperti sodium sulfat dan sodium klorida tidak terekstraksi.



b) Jika proses leaching pada saat awal berisi garam proteksi maka yang dihasilkan adalah CaSO_4 , MgSO_4 dan K_2SO_4 , garam NaNO_3 yang terlarut sedikit. NaSO_4 di dalam proses akan pecah dan sodium nitrat yang dihasilkan atau terekstraksi akan lebih banyak. Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar NaNO_3 lebih besar yaitu sekitar 85– 88 %. (Othmer, 1978).

C. Proses Sintesis

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain :

a) Mereaksikan Na_2CO_3 dengan HNO_3 :

Reaksi :



b) Mereaksikan NaCl dengan HNO_3 .

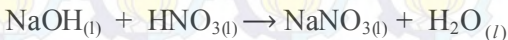
Reaksi:



Proses ini sekarang sudah tidak digunakan lagi karena tidak menguntungkan.

c) Mereaksikan Caustic Soda (NaOH) dengan Konsentrasi 40% dan asam nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi 53%.

Reaksi :



Proses sintesis menghasilkan kadar NaNO_3 yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guggenheim yaitu 90–99%. (Othmer, 1978).



1.3 Kegunaan

Sodium nitrat merupakan bahan kimia intermediet yang sebagian besar dikonsumsi sebagai bahan baku untuk pembuatan pupuk (terutama pupuk NPK), bahan eksplosif pada pembuatan dinamit, pembuatan kaca dan pembuatan cat. (Othmer, 1978).

1.3.1 Pembuatan Pupuk NPK

Pada proses pembuatan pupuk NPK, sodium nitrat merupakan bahan baku yang menghasilkan nitrogen pada pupuk tersebut, dimana sodium nitrat direaksikan dengan garam kalium klorida sehingga membentuk kalium nitrat. Selanjutnya kalium nitrat dialirkan pada batuan fosfat yang mempunyai kadar fosfat tinggi sehingga dihasilkan pupuk NPK yang memberi nutrisi pada daun. Dewasa ini, penggunaan pupuk Kalium nitrat lebih disukai daripada kalium klorida karena tanaman tidak tumbuh baik pada tanah yang mengandung klorida.

1.3.2 Pembuatan Dinamit

Reaksi antara sodium nitrat dengan ammonium nitrat akan menghasilkan gas yang sangat eksplosif sehingga dapat menimbulkan ledakan. Jenis dinamit yang dihasilkan yaitu ammonia dinamit, gelatin dinamit, gelatin nitrat dan ammonia gelatin. Perbandingan jenis dinamit ditentukan dengan pemakaian perbandingan ammonium nitrat dan Sodium nitrat.

1.3.3 Pembuatan Kaca

Pada pembuatan kaca, sodium nitrat sebagai bahan tambahan yang dicampur dengan calumite, dimana sodium nitrat mengoksidasi calumite. Calumite merupakan sisa proses peleburan logam. Pada pencampuran tersebut membutuhkan Sodium nitrat sebanyak 2,5%. Penggunaan Sodium nitrat ini



sangat efektif karena dapat mengurangi bubble sehingga produk kaca tidak cacat.

1.3.4 Pembuatan Cat

Reaksi dengan lead atau timbal (Pb) akan membentuk timbal oksida (PbO) yang banyak digunakan oleh industri cat sebagai penguat warna cat sehingga warna cat lebih kuat dan merata pada suspensinya.

1.4 Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1 Bahan Baku

A. Asam Nitrat (HNO_3)

Sifat Fisika :

- * Bening berbentuk cair
- * Larut dalam air
- * Berat Molekul : 63,02 g/mol
- * Titik Didih : 86°C pada 1 atm
- * Titik Beku : -42°C pada 1 atm
- * Density : 1,502 gr/cm³

(Perry, 1997).

Sifat Kimia :

- * Merupakan asam kuat.
- * Dapat bereaksi dengan semua logam kecuali emas, iridium, platinum, rhodium, tantalum dan titanium.
- * Asam Nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat.
- * Asam Nitrat tidak stabil terhadap panas dan dapat terurai.

(Othmer, 1978).

B. Natrium Hidroksida (NaOH)

Dalam proses bereaksi dengan Asam nitrat membentuk Sodium nitrat.

Sifat Fisika :

- * Bening berbentuk cair



- * Larut dalam air
- * Berat Molekul : 40 g/mol
- * Titik Didih : 1390°C pada 1 atm
- * Titik Beku : 318°C pada 1 atm
- * Density : 2,13 gr/cm³

Sifat Kimia :

- * Merupakan basa kuat.

(Perry, 1997)

I.4.2 Produk

I.4.2.1 Produk Utama

Sodium Nitrat

* Sifat Fisika :

- Rumus Molekul : NaNO₃
- Bentuk : powder (100 mesh)
- Warna : putih
- Berat Molekul : 85 g/mol
- Solubility in water : 180 g/100ml
- Kemurnian : ± 98 %
- Density : 2,26 g/cm³
- Titik Cair : 308°C pada 1 atm
- Titik Didih : 380°C pada 1 atm
- Viscositas : 6,9 Cp

* Sifat Kimia Sodium nitrat

Mudah larut dalam air, gliserol, amoniak dan alcohol.

(Othmer, 1978).

I.4.2.2 Produk Samping

Water (H₂O)

* Sifat Fisika :

- Liquid
- Berat Molekul : 18,02 g/mol
- Density : 1 g/cm³
- Boiling point : 100°C

*BAB I Pendahuluan*

*** Sifat Kimia :**

Tidak beracun.

Tidak mudah terbakar.

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan bahan kimia intermediet. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chili dan merupakan endapan yang cukup lebar yaitu 8–65 km serta tebal 0.3–1.2 m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengeringan.

Dalam pembuatan sodium nitrat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

1. Proses Shank
2. Proses Guggenheim
3. Proses Sintesis

II.1.1 Proses Shank

Proses Shank meliputi tahap operasi *size reduction*, *leaching*, *washing*, *crystalizing* dan *drying*. Bahan baku yang berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang mengandung NaNO_3 . Proses Shank dimulai dengan memasukkan potongan-potongan garam Chile yang berukuran sekitar 10 in dimasukkan ke dalam *crusher* untuk dihancurkan menjadi potongan berukuran sekitar 1,5 sampai 2 in. Potongan kemudian dimasukkan ke dalam tabung-tabung baja, masing-masing memuat 75 ton dan alat tersebut dilengkapi dengan koil pemanas uap air. Selanjutnya dilakukan operasi *leaching*, dimana operasi tersebut membutuhkan waktu sekitar 8 hari. Cairan hasil *leaching* kemudian dibawa ke *crystallizing pan*. Hasil dari kristalisasi dibawa ke pengering untuk dikeringkan.

Pada prinsipnya proses Shank utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat



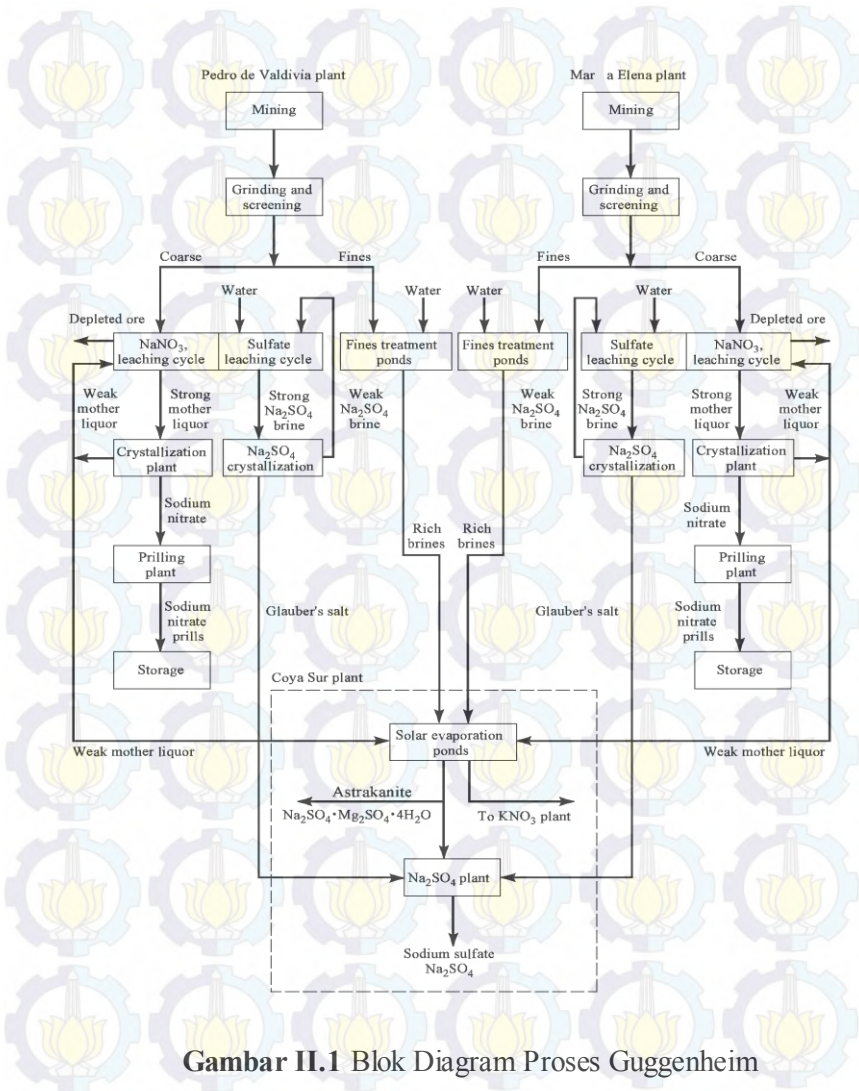
selain (NaNO_3) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh (NaNO_3) dengan kadar sekitar 60%. (Othmer, 1978).

II.1.2 Proses Guggenheim

Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shanks, karena proses Shanks tidak efektif baik dalam proses ekstrasinya maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1920 *Guggenheim Brothers* mengembangkan proses *leaching* dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :

- Jika proses *leaching* dilakukan pada temperatur rendah 40°C hanya sodium nitrat yang terekstraksi, impuritas lainnya seperti sodium sulfat dan sodium klorida tidak terekstraksi.
- Jika proses *leaching* pada saat awal berisi garam proteksi maka yang dihasilkan adalah CaSO_4 , MgSO_4 dan K_2SO_4 , garam NaNO_3 yang terlarut sedikit. NaSO_4 di dalam proses akan pecah dan sodium nitrat yang dihasilkan atau terekstraksi akan lebih banyak. (Othmer, 1978).

Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar NaNO_3 lebih besar yaitu sekitar 85–88%. Berikut merupakan blok diagram pembuatan sodium nitrat pada pabrik Pedro de Valdivia dan MarHa Elena dengan proses Guggenheim yang disajikan pada **Gambar II.1**.



Gambar II.1 Blok Diagram Proses Guggenheim



II.1.2 Proses Sintesis

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain :

- a) Mereaksikan Na_2CO_3 dengan HNO_3 :

Reaksi :



- b) Mereaksikan NaCl dengan HNO_3 .

Reaksi:



Proses ini sekarang sudah tidak digunakan lagi karena tidak menguntungkan.

- c) Mereaksikan Caustic Soda (NaOH) dengan Konsentrasi 40% dan asam nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi 53%.

Reaksi :



Proses sintesis menghasilkan kadar NaNO_3 yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guggenheim yaitu 90 – 99%. (Othmer, 1978).

Berdasarkan resume proses diatas maka dipilih proses sintesis antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat. Pemilihan proses ini didasarkan pada :

- Tingkat kemurnian hasil lebih tinggi yaitu 90 – 99% dibandingkan dengan proses Shank maupun Guggenheim.
- Sintesis antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berlangsung dalam RATB sehingga prosesnya lebih sederhana.

Berikut merupakan perbandingan ketiga proses sintesis pembuatan Sodium Nitrat yang disajikan pada **Tabel II.1**

II.1



Tabel II.1 Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat

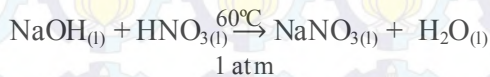
Jenis Proses	Keunggulan	Kelemahan
Proses Shank	Hanya memerlukan proses treatment pada Sodium Nitrat hasil dari pertambangan	a.) Kadar yang diperoleh hanya sekitar 60% b.) Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah
Proses Guggenheim	Hanya memerlukan proses treatment pada Sodium Nitrat hasil dari pertambangan, hanya saja pada proses ini proses ekstraksi dan pemakaian bahan	a.) Kadar yang diperoleh hanya sekitar 80-85% b.) Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah



	bakar lebih efisien	
Proses Sintesis	a.) Kadar yang diperoleh dapat mencapai 90-99% b.) Bahan baku relatif lebih murah dan mudah didapat	Modal pembuatan pabrik dengan menggunakan proses ini biasanya relatif lebih besar proses lainnya

II.2 Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan Sodium Nitrat dari bahan baku Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berdasarkan pada reaksi netralisasi, seperti terlihat di bawah ini :



Reaksi di atas disebut reaksi penggaraman atau reaksi netralisasi. Reaksi antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat menjadi Sodium Nitrat berlangsung dalam reaktor pada temperatur 60°C . Perbandingan molar reaktan NaOH dan $\text{HNO}_3 = 1 : 1$. Untuk menjaga kondisi operasi 60°C , panas yang timbul tersebut diserap oleh air pendingin yang mengalir pada koil pendingin. Proses pembuatan Sodium Nitrat dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk tanpa menggunakan katalis dan merupakan netralisasi fase cair. (Othmer, 1978).



II.2.1 Deskripsi Proses Terpilih

Pada rancangan pabrik ini, produksi Sodium Nitrat dibuat dengan menggunakan proses sintesis dan dilakukan dalam beberapa step, yaitu :

- 1.) Penyiapan bahan baku
- 2.) Proses pembentukan produk
- 3.) Proses pemurnian

II.2.1.1 Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida disimpan dalam fase cair pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Kedua bahan selanjutnya dialirkan secara kontinyu ke Reaktor untuk direaksikan.

II.2.1.2 Proses Pembentukan Produk

Di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) bahan bereaksi secara non isothermal dan non adiabatik pada suhu $30\text{-}90^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis.

Larutan pekat (*slurry*) sodium nitrat keluar Reaktor dan selanjutnya diumpankan ke Evaporator untuk dipekatkan menjadi suhu 100°C dengan pemanas steam. Pada suhu ini sebagian air menguap sebagai produk atas, berupa uap dan dialirkan ke unit pengolahan lanjut dimana sebelumnya diimbunkan dahulu dengan kondensor.

Cairan pekat jenuh produk bawah keluar Evaporator, dialirkan ke dalam *Crystallizer* untuk dikristalkan dengan mendinginkan cairan jenuh tersebut sampai suhu $40\text{-}45^{\circ}\text{C}$. Produk keluar *Crystallizer* berupa kristal sodium nitrat dan *mother liquor*nya.

Produk keluar *Crystallizer* diumpankan ke dalam *Centrifugal Filter* untuk dipisahkan kristalnya dengan *mother liquor* yang masih melekat. *Mother liquor* yang terpisah, dialirkan menuju water treatment. Sedangkan hasil berupa



Kristal Sodium Nitrat dibawa menuju *Rotary Dryer* untuk mengurangi kadar air sampai 0,5% berat. (US Patent, 1998).

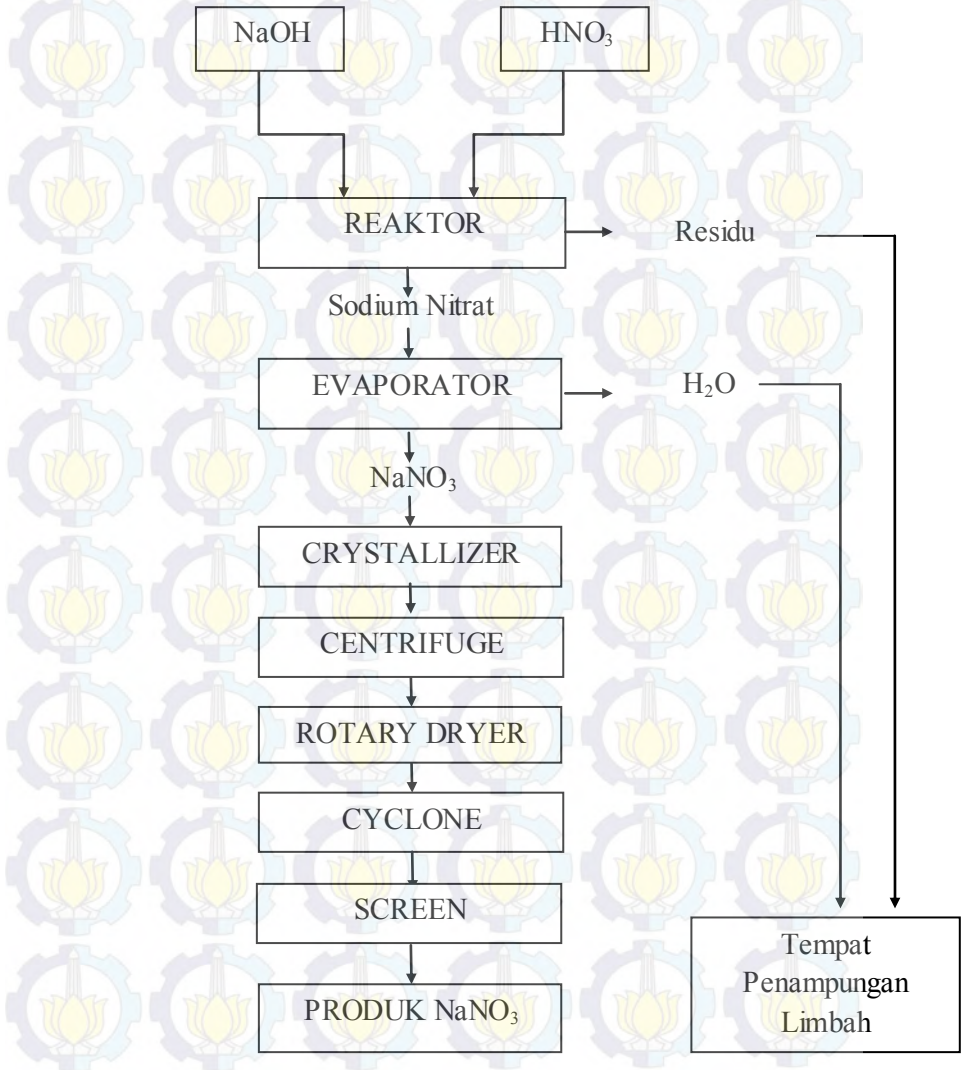
II.2.1.3 Proses Pemurnian

Di *Rotary Dryer*, pengurangan kadar air dilakukan dengan menghembuskan udara panas dengan suhu 40-60°C. Udara panas disiapkan dari udara luar yang disaring terlebih dahulu dengan Filter udara kemudian dihembuskan blower ke *Heat Exchanger*.

Pemanasan udara di *Heat Exchanger* dipanaskan dengan steam dari suhu 30°C sampai 40-60°C. Sodium Nitrat produk keluar *Rotary Dryer* selanjutnya menuju screen untuk diatur ukurannya menjadi 100mesh selanjutnya sodium nitrat yang sudah berbentuk powder dibawa menuju storage dan siap untuk dikemas.



II.3 Blok Diagram Proses Terpilih



Gambar II.1 Blok Diagram Proses Sintesis



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik = 30.000 ton/tahun
= 5050.5 kg/jam

Operasi = 330 hari/tahun

Satuan massa = kg

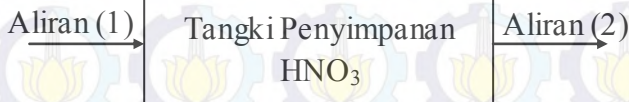
Basis waktu = 1 jam

Untuk kapasitas 5050.5 kg/jam dibutuhkan bahan baku sebesar 11708.26 kg/jam.

Perhitungan Neraca Massa

1. Tangki Penyimpanan HNO_3

Fungsi : Untuk menyimpan asam nitrat sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.



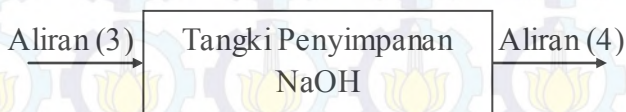
Tabel III.1 Neraca Massa Tangki penyimpanan HNO_3

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (1)		Aliran (2)	
HNO_3	5693.0072	HNO_3	5693.007
H_2O	2846.5036	H_2O	2846.504
Total	8539.51	Total	8539.51



2. Tangki Penyimpanan NaOH

Fungsi : Untuk menyimpan sodium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.



Tabel III.2 Neraca Massa Tangki penyimpanan NaOH

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (3)		Aliran (4)	
NaOH	6015.2529	NaOH	6015.253
H ₂ O	37060.066	H ₂ O	37060.07
Total	43075.3	Total	43075.3

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dan air



Tabel III.3 Neraca Massa Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

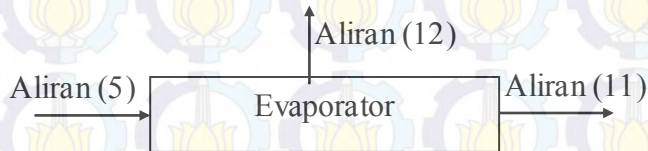
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (2)		Aliran (5)	
HNO ₃	5693.0072	HNO ₃	113.86
H ₂ O	2846.5036	NaOH	2472.94
Aliran (4)		NaNO ₃	7527.421
NaOH	6015.2529	H ₂ O	41500.61



H ₂ O	37060.066		
Total	51614.8	Total	51614.8

4. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan sodium nitrat 20% menjadi 65%.



Tabel III.4 Neraca Massa Evaporator

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (5)		Aliran (11)	
HNO ₃	113.86	HNO ₃	113.86
NaOH	2472.94	NaOH	2472.94
NaNO ₃	7527.4207	NaNO ₃	7527.421
H ₂ O	41500.611	H ₂ O	5446.12
Jumlah	51614.83	Jumlah	15560.34
		Aliran (12)	
		H ₂ O	36054.49
Total	51614.83	Total	51614.83



5. Crystallizer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.

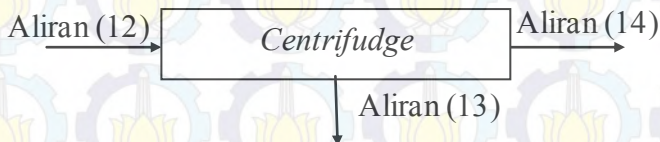


Tabel III.5 Neraca Massa Crystallizer

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (11)		Aliran (12)	
HNO ₃	113.86	Kristal :	
NaOH	2472.94	Kristal NaNO ₃	5603.355
NaNO ₃	7527.4207	Air	3559.778
H ₂ O	5446.12	Mother liquor :	
Jumlah	15560.34	NaNO ₃	1924.066
		HNO ₃	113.86
		NaOH	2472.94
		Air	1886.339
		Jumlah	15560.34
Total	15560.34	Total	15560.34

6. Centrifuge

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan *mother liquor*.



**Tabel III.6** Neraca Massa *Centrifuge*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (12)		Aliran (14)	
Kristal :		Kristal NaNO_3	5491.288
Kristal NaNO_3	5603.3547	Air yang terikut kristal	291.3893
Air	3559.7783	NaNO_3 cair	19.24066
Mother liquor :		HNO_3	1.138601
NaNO_3	1924.0659	NaOH	24.72937
HNO_3	113.86	Jumlah	5827.79
NaOH	2472.94	Aliran (13)	
H_2O	1886.3391	Kristal NaNO_3	112.0671
Jumlah	15560.34	NaNO_3 cair	1904.825
		HNO_3	112.72
		NaOH	2448.21
		H_2O	5154.728
		Jumlah	9732.55
Total	15560.34	Total	15560.34

7. Rotary Dryer

Fungsi : Mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat hingga 1%

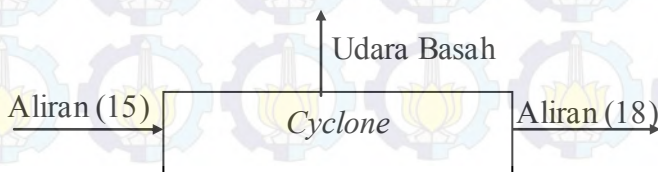


**Tabel III.7** Neraca Massa *Rotary Dryer*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (14)		Aliran (17)	
Kristal NaNO_3	5491.2876	Kristal NaNO_3	5436.375
Air yang terikut kristal	291.38928	Air yang terikut kristal	55.36396
NaNO_3 cair	19.240659	NaNO_3 cair	19.04825
HNO_3	1.14	HNO_3	1.13
NaOH	24.729373	NaOH	24.48208
Jumlah	5827.79	Jumlah	5536.4
Aliran (16)		Aliran (15)	
Udara Kering	18103.6	Kristal NaNO_3	54.91288
Uap air	814.66036	NaNO_3 cair	0.192407
Jumlah	18918.2	HNO_3	0.011386
		NaOH	0.247294
		Jumlah	55.364
		Aliran (15)	
		Udara kering	18103.56
		Uap air	1050.686
		Jumlah	19154.2
Total	24746	Total	24746

8. *Cyclone*

Fungsi : Memisahkan padatan dengan udara panas



**Tabel III.8** Neraca Massa *Cyclone*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (15)		Aliran (18)	
Kristal NaNO_3	54.912876	Kristal NaNO_3	53.81462
NaNO_3 cair	0.1924066	NaNO_3 cair	0.188558
HNO_3	0.011386	HNO_3	0.011158
NaOH	0.2472937	NaOH	0.242348
Jumlah	55.364	Uap air	21.01371
Aliran (15)		Jumlah	75.2704
Udara kering	18103.564	Aliran Udara Kering	
Uap air	1050.6857	Udara kering	18103.6
Jumlah	19154.2	Uap air	1029.67
		Kristal NaNO_3	1.09826
		NaNO_3 cair	0.00385
		HNO_3	0.00023
		NaOH	0.00495
		Jumlah	19134.3
Total	19209.6	Total	19209.6

9. Screen

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan ukuran yang diinginkan.



Massa kristal yang tertahan di vibrating screen = 10 % dari jumlah kristal yang masuk screen.

**Tabel III.9** Neraca Massa Screen

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (17)		Aliran (21)	
Kristal NaNO_3	5436.375	Kristal NaNO_3	4941.17044
Air yang terikut kristal	55.36396	Air yang terikut kristal	68.7399086
NaNO_3 cair	19.04825	NaNO_3 cair	17.31313
HNO_3	1.13	HNO_3	1.02
NaOH	24.48208	NaOH	22.2519845
Jumlah	5536.40	Jumlah	5050.5
Aliran (18)		Kristal Tertahan	
Kristal NaNO_3	53.81462	Kristal NaNO_3	549.018938
NaNO_3 cair	0.188558	Air yang terikut kristal	7.63776763
HNO_3	0.011158	NaNO_3 cair	1.92368112
NaOH	0.242348	HNO_3	0.11383737
Uap air	21.01371	NaOH	2.47244272
Jumlah	75.2704	Jumlah	561.167
Total	5611.67	Total	5611.67

10. *Storage*

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan ukuran yang diinginkan



**Tabel III.10** Neraca Massa *Storage*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (20)		Aliran (23)	
Kristal NaNO ₃	4941.1704	Kristal NaNO ₃	4941.17
Air yang terikut kristal	68.739909	Air yang terikut kristal	68.73991
NaNO ₃ cair	17.31313	NaNO ₃ cair	17.31313
HNO ₃	1.02	HNO ₃	1.02
NaOH	22.251984	NaOH	22.25198
Jumlah	5050.50	Jumlah	5050.5
Total	5050.50	Total	5050.5

Spesifikasi Produk :

Tabel III.11 Spesifikasi Produk

Komponen	Berat (kg/jam)	Fraksi Berat
Kristal NaNO ₃	4941.17044	0.97835273
H ₂ O	68.73990863	0.01361052
NaNO ₃ cair	17.31313004	0.003428
HNO ₃	1.02	0.00020286
NaOH	22.25198449	0.0044059
Jumlah	5050.5	1

Berdasarkan standar, konsentrasi sodium nitrat sebagai bahan intermediate proses industri = 90-99% (Othmer, 1978).

Maka, sodium nitrat (NaNO₃) yang dihasilkan sudah sesuai standar.



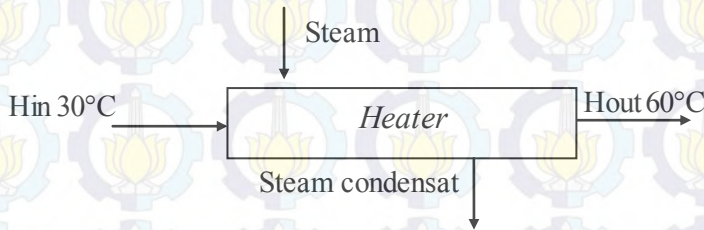
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 40.000 ton/tahun
 = 5050.5 kg/hari
 Operasi = 330 hari/tahun
 = 24 jam
 Satuan Panas = kcal
 Suhu reference = 25°C
 Basis waktu = 1 jam

1. Heater

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor

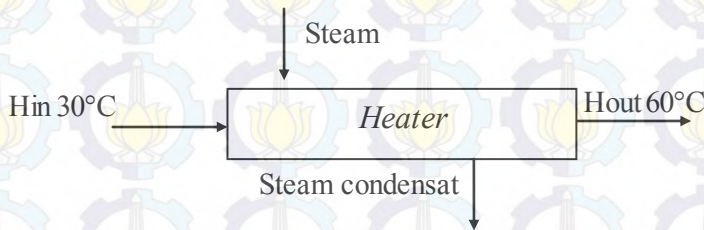


Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	53225.742	H	336623.924
Q s	298849.697	Q c	509.030
		Q loss	14942.485
Total	352075.439	Total	352075.439



2. Heater

Fungsi : Memanaskan larutan HNO_3 sebelum masuk reaktor

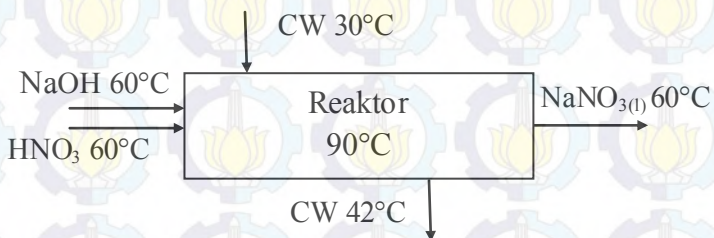


Neraca Energi Total

H in (kJ)		H out (kJ)	
H	6216.088	H	39592.558
Q s	35668.948	Q c	509.030
		Q loss	1783.447
Total	41885.035	Total	41885.035

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dengan konversi 98%.

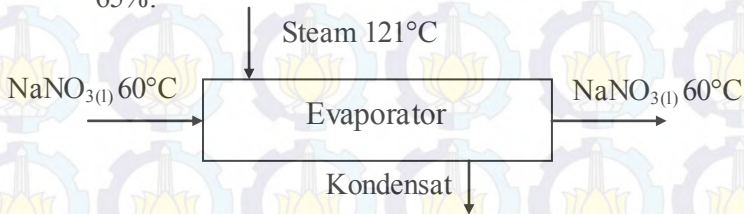


Masuk		Keluar	
Qbahan	22273.1474	Qbahan	1554110.103
ΔH_{reaksi}	1655347.605	Qserap	323973.6499



Total	1878083.753	Total	1878083.753
--------------	--------------------	--------------	--------------------

4. Evaporator
Fungsi :Memekatkan larutan Sodium Nitrat 20% menjadi 65%.



Effect I

Mas uk		Keluar	
Qbahan	1354295.95	Qbahan	2754951.78
Steam (S)	9150789.18	Uap air (H ₂ O)	7727931.78
Total	10505085.13	Total	10505085.13

Effect II

Mas uk		Keluar	
Qbahan	2754951.78	Qbahan	1386963.79
Uap H ₂ O 1	6287175.79	Uap H ₂ O 2	7655163.77
Total	9042127.57	Total	9042127.57

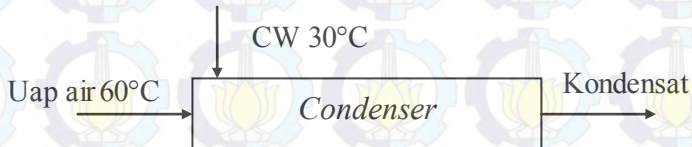
Effect III

Mas uk		Keluar	
Qbahan	1386963.79	Qbahan	323802.05
Uap H ₂ O 2	6330866.79	Uap H ₂ O	7394028.54
Total	7717830.59	Total	7717830.59



5. Condenser

Fungsi : Mengondensasi sebagian uap dan menjaga tekanan evaporator.

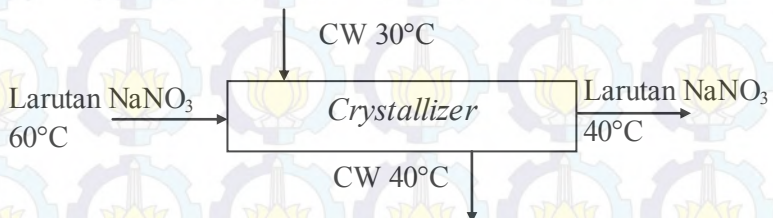


Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
H ₂ O (uap air)	509843.37	H ₂ O (uap air)	11088.83
		H ₂ O (kondensat)	81877.01
		Q serap	416877.53
Total	509843.37	Total	509843.37

6. Crystallizer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.

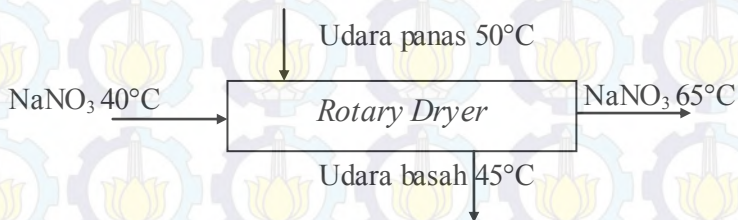


**Neraca Energi:**

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
HNO ₃	1749.46	HNO ₃	749.77
NaOH(aq)	30812.80	NaOH	13205.49
H ₂ O(l)	190614.11	H ₂ O(l)	137447.00
NaNO ₃	69026.45	NaNO ₃	36011.11
Q _{crystallization}	71414.18	Q _{serap}	176203.64
Total	363617.00	Total	363617.00

7. Rotary Dryer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.

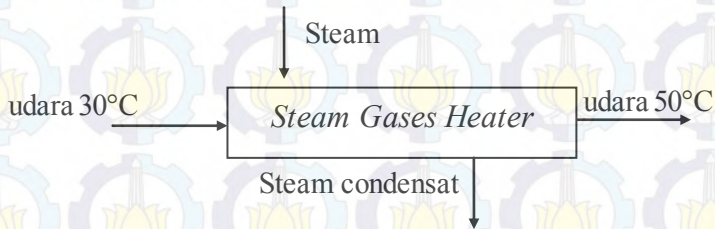


MASUK		KELUAR	
Q _{bahan}	24961.05	Q _{bahan}	54914.31
Q _{udara}	448482.40	Q _{udara}	393502.20
		Q _{loss}	25026.95
Total	473443.45	Total	473443.45



8. Steam Gases Heater

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk rotary dryer



Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	2281083.775	H	32468751.074
Q s	31777027.715	Q c	509.030
		Q loss	1588851.386
Total	34058111.490	Total	34058111.490

BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. Pompa (L – 116)

Fungsi	:	Untuk mengalirkan larutan NaOH dari tangki penyimpanan menuju reaktor netralisasi
Jenis	:	Pompa sentrifugal
Rate	:	0.3921 ft ³ /s
Volumetrik		
Power Pompa	:	7 hp
Perpipaan	:	5 in sch 40
Bahan	:	Commercial Steel
Jumlah	:	1 buah

2. Heater (E- 242)

Nama alat	:	Heater
Fungsi	:	Memaskan udara dari suhu 30 ⁰ C sampai 50 ⁰ C

Bahan	:	Carbon Steel SA 212 Grade A
Tipe	:	Shell and Tube Heat Exchanger

Ukuran	:	Shell side	
	ID	=	12 in
	baffle space	=	4 in
	passes	=	1
	Tube side		
	Jumlah	=	76
	Panjang	=	16
	OD	=	0.75 in



BWG = 16
 Pitch = 1 in triangular
 Passes = 2

Jumlah : 1

3. Reaktor (R – 110)

Fungsi : Mereaksikan NaOH dan Bauksit pada suhu 160°C

Bentuk : Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan bawah berbentuk flanged and standart dished head

Bahan Konstruksi : Carbon stell dengan tipe SA – 315 grade A

Jumlah : 1 buah

Volume Tangki : 32.4 m³

Diameter Tangki : 3.038 m

Tinggi Tangki : 5 m

Tebal Tangki : 0,216 in

Tebal Tutup Atas : 0.25 in

Tebal Tutup Bawah : 0.25 in

Macam Las : Double Welded butt joint

Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Flat blade turbin

Diameter impeller, Da : 1.0128 m

Kecepatan : 84

Daya motor : 26 hp

BAB VI UTILITAS

Dalam suatu pabrik, peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi pada pabrik tersebut sangatlah penting. Semua sarana pendukung operasional suatu proses produksi tersebut disediakan dan disiapkan oleh suatu unit atau pabrik yang secara umum disebut pabrik utilitas. Dengan kata lain, utilitas merupakan suatu pabrik yang menyiapkan sarana pendukung suatu proses produksi pada suatu pabrik. Sarana utilitas pada pabrik Sodium Nitrat diantaranya adalah :

I. Air

Air dalam pabrik Sodium Nitrat ini digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air proses.

II. Steam

Steam pada pabrik digunakan untuk proses pemanasan (menaikkan suhu).

III. Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari beberapa peralatan proses maupun penerangan.

IV. Bahan Bakar

Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar boiler dan pembangkit tenaga listrik.

Adapun rincian prosesnya sebagai berikut :

VI. 1 Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air pada pabrik Sodium Nitrat berasal dari air sungai Cipasauran dengan kualitas sebagai berikut:

**Tabel VI.1** Kualitas Air Sungai Cipasauran

No.	Parameter	Satuan	Hulu	Tengah	Hilir
1.	Jenis	-	Hard Water	Hard Water	-
2.	Temperatur	°C	32	28	-
3.	pH	-	6	5	-
4.	Kekeruhan	NTU	700	735	-
5.	Total Hardness	Ppm	300	350	-

Tahapan proses pengolahan air di Sodium Nitrat meliputi :

a. Penghisapan

Tahap ini menggunakan penghisapan yang dilengkapi dengan pompa vakum untuk mengalirkan air dari sungai ke stasiun pemompa air. Pemakaian sistem ini disebabkan ketinggian permukaan air tidak tetap. Pada tahap ini diinjeksikan gas chlorine yang berfungsi untuk membunuh bakteri.

b. Penyaringan

Tahap ini menggunakan *coarse and fine screen* yang berfungsi untuk menyaring kotoran sungai berukuran besar yang terpompa.

c. Pengendapan

Pengendapan dilakukan secara gravitasi dengan memakai settling pit untuk mengendapkan partikel-partikel yang tersuspensi dalam air. Faktor yang mempengaruhi proses ini antara lain adalah laju alir dan waktu tinggal.

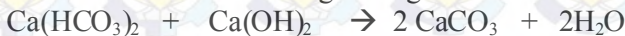
d. Flokulasi dan Koagulasi

Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan suspensi partikel koloid yang tidak terendapkan karena ukurannya sangat kecil dan muatan listrik pada permukaan partikel yang menimbulkan gaya tolak menolak antara partikel koloid. Untuk mengatasi masalah tersebut air dialirkan menuju tangki

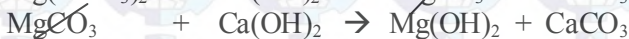


koagulasi dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan koagulan berupa larutan kapur yang dapat memecahkan kestabilan yang ditimbulkan oleh muatan listrik tersebut. Kemudian, air dari tangki koagulasi dialirkan secara over flow kedalam tangki flokulasi dengan pengadukan lambat dan dilakukan penambahan flokulan berupa polyelektrolit. Partikel-partikel koloid yang tidak stabil akan saling berikatan sehingga terbentuk flok dengan ukuran besar dan mudah terendapkan. Setelah itu, air dari tangki flokulasi dialirkan secara overflow kedalam clarifier.

Berikut reaksi kimia di tangki koagulasi :



Kapur mengubah Ca bikarbonat yang larut dalam air menjadi Ca karbonat yang tidak larut dalam air (mengendap).



e. Clarifier

Tahap ini dilakukan dengan memakai alat pulsator untuk mendapatkan flok yang terbentuk pada proses flokulasi dan koagulasi pada zona-zona pengendapan di alat tersebut. Air yang bersih masuk ke dalam sand filter sedangkan lumpur atau flok-flok yang terbentuk masuk ke dalam bak penampung lumpur.

f. Filtrasi

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan saringan pasir silika (*sand filter*) untuk menyaring padatan tersuspensi. Makin banyak partikel padatan tertahan di filter, pressure drop akan semakin besar. Hal ini menyebabkan naiknya level air.



Pada batas tertentu filter perlu dibersihkan agar operasi berlangsung normal.

Pembersihan filter dilakukan dengan backwash. Filter ini berisi pasir silika dengan penempatan ukuran yang berbeda-beda tiap lapisannya. Untuk ukuran 0,2-0,6 mesh diposisikan di lapisan atas, kemudian dilanjutkan dengan pasir yang berukuran 2-3 mesh dan lapisan paling bawah menggunakan gravel dengan ukuran sekitar 3-5 mesh.

Keluar dari sand filter air tersebut sudah sesuai spesifikasi yaitu soft water. Air dari tahap ini disimpan dalam tangki penampung air bersih yang akan dialirkan menggunakan pompa ke tiga unit, yaitu unit demineralisasi, unit air proses/pendingin, dan unit air sanitasi.

Produk air hasil olahan memiliki kualitas sebagai berikut :

Tabel VI.2 Kualitas Air Hasil Olahan

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Jenis	-	Hard water
3.	pH	-	7 - 8
4.	Kekeruhan	NTU	3 max.
5.	Total Hardness	ppm	70

g. De mineralizing Plant

- ❖ Tugas unit demineralisasi adalah :

Mengolah *soft water* menjadi *demineralizing water* (demin water) yaitu air yang bebas mineral penyebab pengerasan dalam boiler. Mineral yang dimaksudkan adalah mineral seperti ion positif (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) dan ion negatif (Cl^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} dan lain-lain) yang dapat merusak alat dan mengganggu proses.

- ❖ Proses pada demineralizing plant :

- **Cation Exchanger :**

Air kemudian dimasukan dari atas kedalam cation exchanger. Didalam cation exchanger, garam-garam Na,



Ca, Mg, Ba diikat oleh resin kation dengan reaksi sebagai berikut:

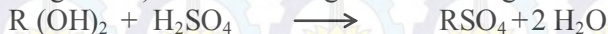


Kinerja dari kation exchanger berkisar antara 16 jam. Daya tangkap ion tergantung dari kemampuan resin yang digunakan yaitu kemampuan menyerap $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$. Pada kondisi tertentu resin cation tersebut jenuh dan perlu diregenerasi dengan larutan H_2SO_4 sebagai berikut :



• Anion Exchanger :

Dari bagian bawah kation exchanger, air kemudian dipompa masuk ke Anion exchanger. Didalam anion exchanger berisi resin anion yang berfungsi mengikat (mengabsorb) sisa asam dengan reaksi sebagai berikut :



Sama halnya dengan cation exchanger, pada kondisi tertentu anion exchanger akan jenuh. Resin akan menjadi jenuh setelah beroperasi ± 40 jam dengan indikasi adalah kadar silika lebih dari 0,1 ppm, pH air yang keluar turun, serta konduktivitas turun drastis. Anion yang sudah jenuh perlu diregenerasi dengan larutan Caustic Soda (NaOH) 4% dengan reaksi sebagai berikut :



Spesifikasi air demin :

	pH	Kadar SiO_2	Conductivity
Demin Plant	6 – 8	0,2 ppm max.	2 Mhos max.



Berikut jenis resin yang digunakan :

- Cation resin : R H₂

- * Castel - C – 300
- * Diaion - SK 1 B
- * Dowex - HCRS
- * Lewatit - S 100

- Anion resin : R (OH)₂

- * Castel - A 500 P
- * Diaion - PA – 312
- SA – 12A
- * Lewatit - MP 500

VI.1.1 Unit Penyediaan Air Pendingin (*Cooling Water Unit*)

❖ Tugas unit penyediaan air pendingin adalah :

Menyediakan air pendingin yang memenuhi syarat - syarat sebagai air pendingin untuk keperluan operasional pada heat exchanger. Alat yang digunakan adalah *cooling tower*.

❖ Proses pada *cooling water unit* adalah :

Air dari sirkulasi masuk ke bagian atas menara pendingin kemudian jatuh ke basin atas melalui distributor dan slacing up (cawan percik) dalam bentuk butiran hujan. Dari basin, air dingin di pompa ke *power generation* untuk mendinginkan mesin-mesin di *power generation*.

Setelah keluar dari *power generation* kembali inlet disemprotkan lewat *deck* bagian atas yang mempunyai *nozzle* dan kayu distributor serta didinginkan dengan *fan*, airnya masuk ke basin lagi. Tekanan pada *cooling tower* adalah 6 kg/m³ dan suhu masuk 41⁰C dan suhu keluar 31⁰C.

Di dalam air pendingin diberi bahan-bahan kimia sehingga air memenuhi syarat untuk proses. Bahan kimia tersebut adalah:



1. Kurizet : sebagai *scale inhibitor* dan *initial treatment*
 2. Polycin : sebagai slime cide
 3. Sulphuric Acid (H_2SO_4) : untuk mengatur pH
- ❖ Syarat kualitas cooling water :
 - Tidak menimbulkan kerak
 - Tidak menimbulkan korosi
 - Meminimize / mengendalikan laju pertumbuhan bakteri
 - ❖ Syarat cooling water :
 - pH : 7.3 – 7.8
 - Conductivity : < 3000 Mhos/cm
 - Ca – H : 400 – 600
 - SiO_2 : < 150 ppm
 - Free Chlorine : 0.2 – 0.5 ppm
 - PO_4 : 5.0 – 7.0 ppm

VI.2 Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan uap pada utilitas pabrik Sodium Nitrat mempunyai 2 buah boiler dengan kapasitas masing-masing 10 dan 12 ton/jam. Unit penyediaan steam di pabrik Sodium Nitrat terdiri dari :

Pembangkit Steam :

1. Boiler
2. WHB

Sarana Perlengkapan Boiler :

- Pompa BFW
- Deaerator
- Demin Water
- Pompa Injeksi Chemical
- Steam Header

Air yang akan diumpankan kedalam boiler harus memenuhi spesifikasi tertentu. Parameter yang harus diawasi dari analisa air boiler adalah sebagai berikut :

**Tabel VI.3** Rekomendasi Batas Air Boiler

Faktor	Hingga 20 kg/cm ²	21-39 kg/cm ²	40-59 kg/cm ²
TDS, ppm	3000-3500	1500-2500	500-1500
Total padatan besi terlarut, ppm	500	200	150
Konduktivitas listrik spesifik pada 25° C (mho)	1000	400	300
Residu fosfat, ppm	20-40	20-40	15-25
pH pada 25 ° C	10-10,5	10-10,5	9,8-10,2
Silika (maks.), ppm	25	15	10

Tabel VI.4 Rekomendasi Batas Air Umpan

Faktor	Hingga 20 kg/cm ²	21-39 kg/cm ²	40-59 kg/cm ²
Total besi (maks.), ppm	0,05	0,02	0,01
Total tembaga (maks.), ppm	0,01	0,01	0,01
Total silika (maks.), ppm	1,0	0,3	0,1
Oksigen (maks.)ppm	0,02	0,02	0,01
Residu hidrasin, ppm	-	-	-0,02- 0,04
pH pada 25 ° C	8,8-9,2	8,8-9,2	8,2-9,2
Kesadahan, ppm	1	0,5	-

(www.energyefficiencyasia.org)

❖ Proses pada unit penyediaan *steam* :

Air demin dipompa ke Deaerator, untuk menghilangkan oksigennya dengan cara *stripping* menggunakan *steam* dan

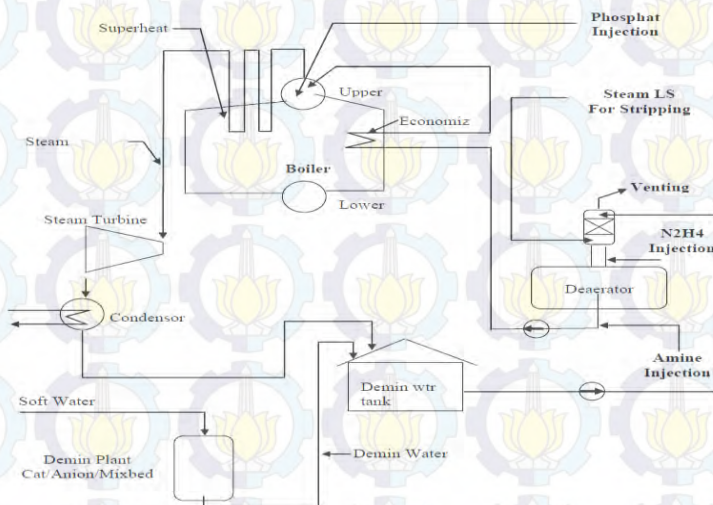


penginjeksi chemical hydrazine ke dalam deaerator. Selanjutnya dipompa masuk ke dalam drum atas Boiler. Phosphat dan amine diinjeksikan kedalam drum atas boiler. Air didalam tube boiler (tipe pipa air) dipanasi, sehingga terbentuklah Steam/uap. Uap yang terbentuk ditampung di header, kemudian didistribusikan ke konsumen sesuai kebutuhan.

❖ Karakteristik *steam* :

Steam yang dihasilkan oleh system boiler pada pabrik Pupuk ZK termasuk *steam* bertekanan rendah. Produk *steam* berupa *saturated steam* bertekanan 10 kg/cm^2 dan temperatur 130°C .

Berikut merupakan skema sistem pada unit penyediaan steam :



Gambar VI.1 Proses pada Unit Penyediaan Steam

VI.3 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing -



masing ruangan atau halaman disekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Kebutuhan listrik dalam pabrik sebesar 1.350 kW. Apabila ditetapkan faktor keamanan sebesar 10% maka,

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 1.350 \text{ kW} + (10\% \times 1.350) \\ = 1.485 \text{ kW.}$$

Direncanakan pemenuhan kebutuhan listrik berasal dari PLN 100% dan unit generator digunakan sebagai emergensi jika *supply* listrik dari PLN mati, sehingga kapasitas generator = 1.485 kW. Apabila efisiensi dianggap sebesar 80%, maka kapasitas total generator,

$$W = \frac{1.485}{0,8} = 1.856,25 \text{ kW}$$

Perhitungan Kebutuhan Air

A. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan mandi, minum, mencuci dan sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi harus memiliki standar kualitas air bersih meliputi :

Fisik

- Suhu : dibawah suhu udara sekitar
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mgr SiO₂/liter

Kimia

- pH berkisar antara 6,5 – 8,5
- Kesadahan < 70 ppm CaCO₃
- Tidak mengandung zat terlarut baik organik, anorganik maupun radioaktif
- Tidak mengandung zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, dan Hg



Biologis

- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri pathogen

Kebutuhan air sanitasi pada Pabrik Sodium Nitrat adalah sebagai berikut :

Air untuk karyawan

Diketahui :

- **Densitas air pada 30 °C = 995,68 Kg / m³**
(Geankoplis, C.J., "Transport Processes And Unit Operations", 3rd Ed, App. A.2., p.854).
- **Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang adalah 120 kg/jam.**

Ditetapkan : jumlah karyawan 150 orang,

Sehingga total air yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} &= (288000 \text{ kg} / \text{hari}) / (\text{densitas air}) \\ &= (288000 \text{ kg} / \text{hari}) / (995,68 \text{ kg/m}^3) \\ &= 289,24 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1\text{hari} / 24 \text{ jam}) \\ &= 12 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Air untuk laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium adalah sebesar 20% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

$$\begin{aligned} &= 20\% \times 289,24 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 57,84 \text{ m}^3 / \text{hari} \times (1 \text{ hari} / 24 \text{ jam}) \\ &= 2,4 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, total kebutuhan air} &= (12 + 2,4) \\ &= 14,4 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Untuk pemadam kebakaran dan cadangan

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 140% dari kebutuhan air sanitasi, sehingga



$$\begin{aligned}\text{Total Air Sanitasi} &= \frac{140}{100} \times 12 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ &= 16.8 \text{ m}^3 / \text{jam}\end{aligned}$$

B. Air Pendingin

Kebutuhan untuk air pendingin didapatkan dari *Appendiks B – perhitungan neraca panas*. Air pendingin ini diperlukan pada beberapa alat di bawah ini :

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Reaktor	446036
Total		446036

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air pendingin} &= \frac{446036}{(\text{densitas air})} \\ &= \frac{446036}{995.68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 447.97 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air pendingin yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 10% dari total kebutuhan air pendingin.

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, kebutuhan air pendingin} &= 10\% \times 447.97 \\ &= 44.7 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

C. Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan dari neraca panas, kebutuhan air umpan boiler untuk menghasilkan steam pada sistem pemrosesan ini berasal dari :



No.	Nama	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Heater	3913.407
2.	Evaporator	737136
3	Condensor	211651
4.	Crystalizer	378360
Total		1331060

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air umpan boiler} &= \frac{1331060}{(\text{densitas air})} \\ &= \frac{1331060}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1336.8 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air umpan boiler yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 20% dari total kebutuhan air umpan boiler.

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, kebutuhan air umpan boiler} &= 20\% \times 1366.8 \\ &= 267.36 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

VII. 1. Pendahuluan

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Pada Pabrik pupuk aluminium sulfat dari bauksit dengan modifikasi proses bayer dan giulini ini, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja ditinjau dari berbagai pendekatan, antara lain :

- Pendekatan kemanusiaan
Berupaya mencegah terjadinya penderitaan bagi tenaga kerja dan ikut serta menciptakan terwujudnya kesejahteraan hidup.
- Pendekatan ekonomis
Berupaya meningkatkan keuntungan dengan menghindarkan kerugian bagi tenaga kerja dan perusahaan.
- Pendekatan sosial
Berupaya menghindarkan kerugian bagi masyarakat baik langsung maupun tidak langsung.

Menurut UU No.1 Th. 1970 yang dimaksud dengan keselamatan kerja, yaitu :

- Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.
- Melindungi sumber – sumber produksi agar terpelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien.



- Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun.
- Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

VII. 2. Sebab – sebab timbulnya kecelakaan

Secara umum sebab – sebab timbulnya kecelakaan di lingkungan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Lingkungan Fisik

Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin – mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.



Kecelakaan yang terjadi akibat dari :

- Kesalahan perencanaan.
- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat



- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, bising, salah penerangan dan lembab.
2. Manusia (Karyawan)
Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan), antara lain :
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
 - Tidak cocoknya karyawan dengan peralatan atau lingkungan kerja.
 - Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
3. Sistem Manajemen
Kecelakaan yang disebabkan oleh manajemen adalah sebagai berikut :
- Kurangnya perhatian manager terhadap keselamatan kerja.
 - Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
 - Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
 - Tidak adanya inspeksi peralatan.
 - Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.
4. Bahaya Mekanik
Kecelakaan yang disebabkan oleh benda-benda mekanik, antara lain :
- Benda-benda bergerak atau berputar
 - Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang
5. Bahaya Kimia
Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh. Berikut ini merupakan rincian bahan kimia yang digunakan menurut MSDS:

**Tabel VII.1** Rincian Bahan Kimia yang Digunakan di Pabrik

Senyawa	Hazard	Keterangan	APD
H_2SO_4 	Health = 3	Keracunan, kontak pada mata (irritant), kontak pada kulit (irritant), tertelan, pernapasan.	<ul style="list-style-type: none"> - Sarung tangan - Masker - Jas laboratorium - Kaca mata
NaOH 	Health = 3	Berbahaya jika terjadi kontak pada kulit, mata, saluran pernapasan dan pencernaan.	<ul style="list-style-type: none"> - Kaca mata - Jas laboratorium - Masker - Sarung tangan

VII. 3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada pabrik Alumunium Sulfat

VII. 3. 1. Keselamatan Karyawan

Alat pelindung diri merupakan salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja sesuai dengan standar kerja yang diijinkan. Pengertian alat pelindung diri adalah :

☞ Alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang dalam melakukan pekerjaan yang fungsinya mengisolasi tubuh seorang tenaga kerja dari bahaya yang mungkin terjadi di tempat kerja.

☞ Cara terakhir perlindungan bagi tenaga kerja setelah upaya menghilangkan sumber bahaya tidak dapat dihilangkan.

Penyediaan alat pelindung diri ini merupakan kewajiban dan tanggung jawab bagi setiap pengusaha atau pimpinan perusahaan sesuai dengan UU No. 1 tahun 1970.



VII. 3. 2. Syarat – syarat Alat Pelindung Diri

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan – gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

VII.3. 3. Kelemahan – kelemahan Penggunaan Alat Pelindung Diri

1. Tidak enak dipakai atau kurang nyaman.
2. Sangat sensitif terhadap perubahan waktu.
3. Mempunyai masa kerja tertentu.
4. Dapat menularkan penyakit apabila digunakan secara bergantian.

VII. 3. 4. Jenis – jenis Alat Pelindung Diri

1. Topi keselamatan (*safety head*)
Untuk melindungi kepala terhadap benturan, kemungkinan tertimpa benda – benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya. Digunakan selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.
2. Alat pelindung mata (*eye goggle*)
Untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan. Digunakan pada saat:
 - Di daerah berdebu
 - Menggerinda, mamahat, mengebor, dan membubut



- Di mana terdapat bahan atau menangani bahan kimia yang berbahaya, termasuk asam atau alkali
- Pengelasan

3. Alat pelindung muka

Untuk melindungi muka (dari dahi sampai batas leher)

- Pelindung muka yang tahan terhadap bahan kimia yang berbahaya (warna kuning). Digunakan pada saat menangani bahan asam atau alkali.
- Pelindung muka terhadap pancaran panas (warna abu – abu). Digunakan di tempat kerja di mana pancaran panas dapat membahayakan pekerja.
- Pelindung muka terhadap pancaran sinar ultra violet dan infra merah.

4. Alat pelindung telinga

Untuk melindungi telinga terhadap kebisingan di mana bila alat tersebut tidak digunakan dapat menurunkan daya pendengaran dan menyebabkan ketulian yang bersifat tetap. Macam dari alat pelindung pendengaran ini adalah :

a. *Ear plug*

Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB.

b. *Ear muff*

Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.



5. Alat pelindung pernafasan

Untuk melindungi hidung dan mulut dari berbagai gangguan yang membahayakan tenaga kerja. Terdiri dari :

- Masker kain
 - ✓ Dipakai di tempat kerja di mana terdapat debu dengan ukuran lebih dari 10 mikron.
 - Masker dengan filter untuk debu
 - ✓ Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan dapat menyaring debu pada ukuran rata – rata 0,6 mikron sebanyak 98 %.
 - Masker dengan filter untuk debu dan gas
 - ✓ Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan gas asam, uap bahan organik, *fumes*, asap, dan kabut.
 - ✓ Dapat menyaring debu pada ukuran rata – rata 0,6 mikron sebanyak 99,9 % serta dapat menyerap gas atau uap sampai 0,1 % volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
 - Masker gas dengan tabung penyaring (*canister filter*)
 - ✓ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, dan *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan kerja.
- ⇒ Syarat – syarat pemakaian :
- tidak boleh untuk pekerjaan penyelamatan korban atau digunakan di ruangan tertutup.
 - Tidak boleh digunakan bila kontaminasi gas tidak dikenal atau di daerah dengan kontaminasi lebih dari 1 % untuk amoniak.
 - Konsentrasi oksigen harus lebih dari 16 %.



- Tabung penyaring yang digunakan harus sesuai dengan kontaminasi uap, gas, atau *fumes*.
- Masker gas dengan udara bertekanan dalam tabung (*self containing breathing apparatus*)
 - ✓ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, ataupun *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan keselamatan dan kesehatan para tenaga kerja.
- ⇒ Syarat pemakaian :
 - Digunakan di daerah dengan konsentrasi oksigen kurang dari 16 %.
 - Digunakan jika kontaminan tidak bisa diserap dengan pemakaian tabung penyaring (kontaminasi > 1 %)
 - Dapat digunakan untuk penyelamatan korban.
 - Waktu pemakaian selama 30 menit.
- Masker gas dengan udara tekan yang diberikan (*supplied air respirator*)
 - ✓ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, ataupun *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan para tenaga kerja.
 - ✓ Digunakan di daerah yang konsentrasi oksigennya rendah, kontaminasi gas, uap, ataupun *fumes* yang tinggi dan dapat digunakan secara terus menerus sepanjang suplai udara dari tabung tersedia.
- Masker gas dengan udara dari blower yang digerakkan dengan tangan (*a hand operated blower*)
 - ✓ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, ataupun *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan para tenaga kerja.



- ✓ Dapat digunakan di daerah yang kadar oksigennya kurang, terkontaminasi gas, uap, ataupun *fumes* yang tinggi dan dapat digunakan terus menerus sepanjang *blower* diputar dimana pengambilan udara *blower* harus dari tempat yang bersih serta bebas dari kontaminan.
- 6. Alat pelindung kepala
Jenis – jenis alat pelindung kepala :
 - a. Kerudung kepala (*hood*)
 - ✓ Digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka terhadap kotoran dan bahan lainnya yang dapat membahayakan maupun yang dapat membahayakan para pekerja.
 - b. Kerudung kepala dengan alat pelindung pernafasan
 - ✓ Digunakan di daerah kerja yang berdebu serta terdapat gas, uap, ataupun *fumes* yang tidak lebih dari 1 % volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
 - c. Kerudung kepala anti asam atau alkali
 - ✓ Digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka dari percikan bahan kimia yang bersifat asam atau alkali.
- 7. Sarung tangan
Digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik.
 - a. Sarung tangan kulit
 - ✓ Dipakai apabila bekerja dengan benda yang kasar dan tajam.
 - b. Sarung tangan asbes
 - ✓ Digunakan apabila bekerja dengan benda yang panas.



c. Sarung tangan katun

- ✓ Digunakan apabila bekerja dengan peralatan oksigen.

d. Sarung tangan karet

- ✓ Digunakan apabila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.

e. Sarung tangan listrik

- ✓ Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.

8. Sepatu pengaman

Digunakan untuk melindungi kaki terhadap gangguan yang membahayakan para pekerja di tempat kerja. Macam dari sepatu pengaman adalah :

a. Sepatu keselamatan

- ✓ Digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh air atau minyak.

b. Sepatu karet

- ✓ Digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya.

c. Sepatu listrik

- ✓ Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya listrik.

9. Baju pelindung

Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja.

- a. Baju pelindung yang tahan terhadap asam atau alkali (warna kuning)



- ✓ Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan bahan kimia yang berbahaya baik asam maupun alkali.
- b. Baju pelindung terhadap percikan pasir
 - ✓ Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan pasir saat membersihkan logam dengan semprotan pasir.

VII. 3. 5. Hal – hal yang harus diperhatikan

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

- a. Bangunan pabrik
Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa , petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut malah menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.
- b. Ventilasi
Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.
- c. Alat – alat bergerak
Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam blower, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang



lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah

- d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas
- Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Condensor, Heater dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan (*safety factor*) harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat – alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat – alat kontrol yang sesuai
- e. Sistem perpipaan
- Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa –pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan – U (*U-bed*), tee, juga pemilihan valve yang sesuai untuk menghindari peledakan yang diakibatkan oleh pemuatan pipa
- f. Sistem kelistrikan
- Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (
-



sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing , juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda – tanda berbahaya / larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan benar pada tiap – tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu – waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII. 3. 3. Instalasi Pemadam Kebakaran

Instalasi semacam ini mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat – tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : *hydran, sprinkel, dry chemical power*
- Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa – bawa, diletakkan ditempat – tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya : dekat reaktor, boiler,



diruang operasi (Operasi Unit), atau power station. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.

Upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran di pabrik ini adalah :

- Peralatan seperti boiler atau peralatan lain yang mudah terbakar (meledak) diletakkan dibagian bawah serta dijauhkan dari peralatan lain
- Antara unit satu dengan unit yang lainnya diberi jarak yang cukup, tidak terlalu berdekatan untuk menghambat laju api dan memberi ruang yang cukup bagi usaha pemadaman bila sewaktu – waktu terjadi kebakaran.
- Bangunan – bangunan seperti : workshop (bengkel perbaikan), laboratorium quality control, serta kantor administrasi diletakkan terpisah dari operating unit dan power station
- Memberlakukan larangan merokok di lokasi pabrik
- Memberlakukan larangan membersihkan peralatan dengan menggunakan bensin atau solar
- Menempatkan instalasi pemadam kebakaran tetap berupa *hydran*, *dry chemical* dan *foam extinguisher* di tempat – tempat yang rawan bahaya kebakaran serta memiliki satu unit kendaraan pemadam kebakaran beserta anggota yang terlatih dan terampil
- Menyediakan tabung – tabung pemadam api disetiap ruangan

VII. 3. 7. Keselamatan Pabrik

a. Pada Tangki Penampung

Pada tangki penampung minyak, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:



- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
 - Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3
- b. Pada Pompa
- Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.
- c. Pada sistem Perpipaan
- Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.
- d. Pada Heat Exchanger
- Pada area Heat Exchanger khususnya Heater dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.
- e. Pada area pabrik secara umum/ keseluruhan
- Disediakan jalan diantara plant-plant yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misal: kebakaran)
 - Disediakan hydrant disetiap plant (unit) untuk menanggulangi/ pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/ peledakan.
 - Memasang alarm disetiap plant (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.



- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

Tabel VII.2 Alat Pelindung

Alat	ALAT PELINDUNG
Preteatment	<ul style="list-style-type: none"> • Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite) • Sepatu karet • Masker
Pembuatan aluminium sulfat	<ul style="list-style-type: none"> • Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite) • Sepatu karet • Masker
Pemisahan Kristal	<ul style="list-style-type: none"> • Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite) • Sepatu karet
Pengeringan	<ul style="list-style-type: none"> • Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite) • Kaca Mata • Sepatu karet • Masker debu • <i>Ear Plug</i>
Pengantongan	<ul style="list-style-type: none"> • Alat pelindung kepala atau safety helm dari plastik (Bakelite) • Sepatu karet



	<ul style="list-style-type: none">• Sarung tangan• Masker
Utilitas	<ul style="list-style-type: none">• Sarung tangan• Alat pelindung kepala”Safety Helmet”• Sepatu karet• Masker• Ear plug

Beberapa usaha dalam menjaga keselamatan pabrik yang dilakukan pada peralatan pabrik *Aluminium Sulfat* antara lain:

- Pompa
 - Bagian “*propeller*” dilengkapi dengan “*casting*”.
 - Bagian kopling (yang menghubungkan “*propeller*” dan motor) harus selalu tertutup dan dilengkapi dengan strainer (saringan atau filter) yang digunakan untuk menyaring kotoran agar tidak masuk pompa.
 - Harus cek valve secara berkala untuk mencegah timbulnya aliran balik.
 - Diletakkan pada lantai dasar untuk keselamatan dan untuk kemudahan operator.
- Centrifuge
 - Harus selalu diadakan cek pada system pelumasan
- Alat transportasi seperti belt conveyor dan bucket elevator
 - Dilengkapi dengan penutup agar tidak ada debu dan kotoran yang masuk
- Screen
 - Dilengkapi dengan penutup agar tidak ada debu bauksit yang beterbangan dan menghindari masuknya impuritis kedalam produk
- Boiler
 - Dilengkapi dengan isolasi.



-
- Dilengkapi dengan “*Pressure Safety Valve*” (untuk mengukur tekanan pada boiler) untuk mencegah terjadinya ledakan
 - Instalasi listrik
 - Dilengkapi dengan alat pengaman listrik otomatis
 - Instalasi listrik dihubungkan ke tanah
 - Peralatan yang sangat penting seperti *switcher* dan *transformator* sebaiknya diletakkan di tempat yang aman atau tersendiri
 - Peralatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda-tanda tertentu dengan jelas
 - Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga (*power supply*) cadangan
 - Semua bagian pabrik harus diberikan penerangan yang cukup
 - Distribusi beban harus seimbang antara bagian yang satu dengan bagian yang lain
 - Dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran
 - Sistem perpipaan
 - Dilengkapi isolasi panas untuk pipa steam
 - Pengecatan pipa saluran dengan warna yang mudah dibedakan serta dapat menunjukkan karakteristik/sifat dari bahan yang ditransportasikan.
 - Perpipaan sebaiknya diletakkan diatas permukaan tanah, karena apabila ditanam akan sulit diketahui apabila terjadi kebocoran.
 - Bila perpipaan terpaksa harus ditanam, maka *fire shop drain* harus dipasang pada jarak yang teratur, mudah dilihat dan mudah dijangkau
-

BAB VIII INSTRUMENTASI

VIII.1 Instrumentasi Secara Umum

Dalam perencanaan suatu pabrik, instrumentasi merupakan bagian yang penting dari peralatan proses suatu industri. Sebab dengan adanya sistem instrumentasi tersebut, maka bagian-bagian yang penting dari pabrik dan memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik.

Instrument ditujukan untuk memonitor variabel proses yang kritis itu dilengkapi dengan alarm yang otomatis, untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Adapun tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah :

Untuk menjaga suatu proses instrumentasi tetap aman :

- Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi yang aman.
- Mendeteksi timbulnya kondisi yang berbahaya sedini mungkin dan membuat tanda bahaya serta interlock otomatis jika kondisi ini timbul.
- Menjaga jalannya suatu proses sehingga berada dalam batas operasi yang aman.
- Menjaga kualitas berada dalam standart yang ditetapkan.
- Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor lain.

Pengendalian variable proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrument penunjuk atau pencatan saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitive terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.



2. Elemen penguat

Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal yang dapat dibaca oleh controller.

3. Controller

Controller merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.

4. Element pengontrol akhir

Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari controller menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variable proses ke harga yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- Sensitivity
- Readability.
- Accuracy
- Precision
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi

Alat –alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri :

1. Temperatur Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

2. Temperatur Indikator (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut

3. Temperatur Recorder Controlller (TRC)



Fungsi : untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi

4. Pressure Controller (PC)

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta

5. Pressure Recorder Controller (PRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta

6. Flow Recorder Controller (FRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus

7. Level Indikator (LI)

Fungsi : untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat

8. Level Controller (LC)

Fungsi : untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan

9. Level Recorder Controller (LRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat

VIII.2 Instrumentasi pada Pabrik Sodium Nitrat

Instrumentasi-instrumentasi yang digunakan pada pabrik Sodium Nitrat adalah sebagai berikut :

Tabel VIII.1 Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat

No.	Nama Alat	Instrumentasi
1.	Tangki Penampungan NaOH	Level Control (LC) Flow Control (FC)
2.	Tangki Penampungan HNO ₃	Level Control (LC) Flow Control (FC)
3.	Reaktor netralisasi	Level Control (LC) Flow Control (FC)



4	Evaporator	Level Control (LC) Pressure Control (PC) Temperature control (TC)
5.	Condensor	Level Control (LC) Temperature control (TC)
6.	Crisystalizer	Temperature control (TC)
7.	Heat Exchanger	Temperature control (TC)
8.	Rotary Dryer	Temperature control (TC)

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Dalam pabrik Sodium Nitrat selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan ada 1 macam yaitu :

1. Limbah Cair

Limbah cair berasal dari *mother liquor* dari alat centrifuge serta air buangan sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas.

Penanganan limbah pada pabrik Aluminium Sulfat

1. Limbah cair

Limbah cair yang terdiri dari *mother liquor* dan air buangan sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas ditampung dalam waste water tank, kemudian dialirkan menuju kolam netralisasi. Penambahan susu kapur atau Ca(OH)_2 dengan konsentrasi tertentu dalam kolam netralisasi untuk menjaga pH sekitar 6,5 – 8,5 yang merupakan pH ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu dalam pengendapan *sludge*. Kemudian air limbah dialirkan menuju kolam aerasi, dilakukan pengadukan dibantu oleh alat deaerator dan ditambahkan nutrisi secara kontinu pada kolam tersebut. Setelah proses aerasi, air limbah dialirkan menuju *clarifier* untuk memisahkan air jernih dan lumpur yang mengendap. Air limbah dianalisis berdasarkan pH, warna, bau, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*). Sedangkan lumpur dipompa balik ke kolam aerasi. Setelah air limbah yang telah dianalisa tersebut dinyatakan telah memenuhi baku mutu air limbah cair, maka air limbah dialirkan menuju sungai.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB X

KESIMPULAN

Pembuatan Sodium Nitrat dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat dengan proses sintesis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik Sodium Nitrat ini direncanakan beroperasi secara batch-kontinyu selama 330 hari operasi/tahun dan 24 jam/hari.
2. Kapasitas pabrik ini sebesar 40000 ton/tahun.
3. Bahan baku utama pada pabrik Sodium Nitrat ini terdiri dari :

- NaOH = 136632.17 kg/hari

- HNO_3 = 144366,07 kg/hari

4. Kebutuhan utilitas pada pabrik Aluminium Sulfat ini sebagian besar berasal dari air (*water treatment*) yang digunakan untuk :

- Air sanitasi = 14.4 m³/hari

- Air pendingin = 447.97 m³/hari

- Air umpan boiler = 1336.8 m³/hari

$$= \frac{1336.8}{1800} \text{ m}^3/\text{hari}$$



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Brownell, L.E. and Young, E.H. 1950. **Process Equipment Design Handbook**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Geankoplis, C. 1978. **Transport Process and Unit Operations**, 3rd edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Himmeblau, D.M. 1982. **Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering**, 4th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Hougen, O.A., Watson, K.M., and Ragats, R.A. 1934. **Chemical Process Principles**, 2nd edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Kern, D.Q. 1965. **Process Heat Transfer**. Singapore: McGraw-Hill International.

McCabe, W.L., and Smith, C.J. 1976. **Unit Operation of Chemical Engineering**, 3rd edition. Tokyo: McGraw-Hill, Kogakusa Ltd.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. 1991. **Plant Design and Economic for Chemical Engineers**, 4th edition. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Perry, R.H., and Cecil, H.C. 1999. **Chemical Engineers Handbook**, 7th edition. San Fransisco: McGraw-Hill International Book Companies, Inc.

Smith, J.M., and Van Ness, H.T. 1995. **Introduction of Chemical Engineering Thermodynamics**, 4th edition. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Ullman, F. 2003. **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, 6th edition. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Ulrich, G.D. 1959. **A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic**. New York: John Wiley & sons, Inc.

APPENDIKS A NERACA MASSA

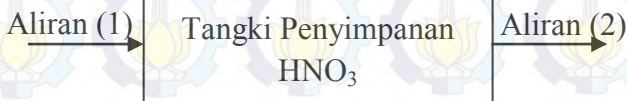
kapasitas pabrik	=	40000	ton/ tahun
	=	5050.5	kg/jam
operasi	=	330	hari
satuan massa	=	kg	
basis waktu	=	1	jam

Untuk kapasitas 5050.5 kg/jam dibutuhkan bahan baku sebesar 11708.26 kg/jam.

Perhitungan Neraca Massa

1. Tangki Penyimpanan HNO_3

Fungsi : Untuk menyimpan asam nitrat sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.



Menghitung kebutuhan HNO_3 53%:

Diketahui :

a. HNO_3 : BM = 63

$\rho = 1.5$

Basis = 1 liter

Molar (M) = $(\rho \cdot \% \cdot 10) / \text{BM}$
 $= 12,619048$ Molar

Mencari fraksi berat HNO_3 :

Molar (M) = $\text{mol (n)} / \text{volume (v)}$

$n = 12,619048$ mol

mol (n) = berat (gr)/BM

berat (gr) = mol (n) x BM

= 795 gr

$$\begin{aligned}\text{Fraksi berat HNO}_3 &= \text{berat HNO}_3 / (\text{berat HNO}_3 + \text{berat NaOH}) \\ &= 795 / (795 + 840) \\ &= 0.4862\end{aligned}$$

b. $\text{NaOH} : \text{BM} = 40$

$$\rho = 2.1$$

Basis = 1 liter

$$\begin{aligned}\text{Molar (M)} &= (\rho \cdot \% \cdot 10) / \text{BM} \\ &= 21 \text{ Molar}\end{aligned}$$

Mencari fraksi berat NaOH :

$$\text{Molar (M)} = \text{mol (n)} / \text{volume (v)}$$

$$n = 21 \text{ mol}$$

$$\text{mol (n)} = \text{berat (gr)} / \text{BM}$$

$$\text{berat (gr)} = \text{mol (n)} \times \text{BM}$$

$$= 840 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}\text{Fraksi berat NaOH} &= \text{berat NaOH} / (\text{berat HNO}_3 + \text{berat NaOH}) \\ &= 840 / (795 + 840) \\ &= 0.5137\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan HNO}_3 &= \text{fraksi berat HNO}_3 \times \text{bahan baku} \\ &= 0.4862 \times 11708.26 \\ &= 5693.0072 \text{ kg}\end{aligned}$$

Menghitung massa air pada HNO_3 :

$$\begin{aligned}\text{Mol HNO}_3 &= \text{massa} / \text{BM} \\ &= 90.365 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HNO}_3 &= \text{mol (n)} / \text{Molar (M)} \\ &= 7.161 \text{ L}\end{aligned}$$

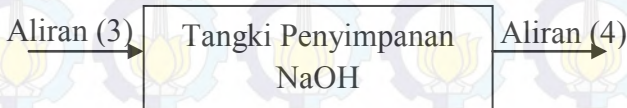
$$\begin{aligned}\text{Massa larutan} &= \text{berat bahan} \times \text{densitas} \\ &= 8539.51 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa air pada bahan} &= \text{Massa larutan} - \text{Massa bahan} \\ &= 2846.5036 \text{ kg}\end{aligned}$$

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (1)		Aliran (2)	
HNO ₃	5693.0072	HNO ₃	5693.007
H ₂ O	2846.5036	H ₂ O	2846.504
Total	8539.51	Total	8539.51

2. Tangki Penyimpanan NaOH

Fungsi : Untuk menyimpan asam nitrat sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.



Menghitung kebutuhan NaOH 40%:

Diketahui :

a. HNO₃ : BM = 63

$$\rho = 1.5$$

Basis = 1 liter

$$\text{Molar (M)} = (\rho \cdot \% \cdot 10) / \text{BM}$$

$$= 12,619048 \text{ Molar}$$

Mencari fraksi berat HNO₃ :

$$\text{Molar (M)} = \text{mol (n)} / \text{volume (v)}$$

$$n = 12,619048 \text{ mol}$$

$$\text{mol (n)} = \text{berat (gr)} / \text{BM}$$

$$\text{berat (gr)} = \text{mol (n)} \times \text{BM}$$

$$= 795 \text{ gr}$$

$$\text{Fraksi berat HNO}_3 = \text{berat HNO}_3 / (\text{berat HNO}_3 + \text{berat NaOH})$$

$$= 795 / (795 + 840)$$

$$= 0.4862$$

b. NaOH : BM = 40

$$\rho = 2.1$$

Basis = 1 liter

$$\text{Molar (M)} = (\rho \cdot \% \cdot 10) / \text{BM}$$

$$= 21 \text{ Molar}$$

Mencari fraksi berat NaOH :

$$\text{Molar (M)} = \text{mol (n)} / \text{volume (v)}$$

$$n = 21 \text{ mol}$$

$$\text{mol (n)} = \text{berat (gr)} / \text{BM}$$

$$\text{berat (gr)} = \text{mol (n)} \times \text{BM}$$

$$= 840 \text{ gr}$$

$$\text{Fraksi berat NaOH} = \text{berat NaOH} / (\text{berat HNO}_3 + \text{berat NaOH})$$

$$= 840 / (795 + 840)$$

$$= 0.5137$$

$$\text{Kebutuhan NaOH} = \text{fraksi berat NaOH} \times \text{bahan baku}$$

$$= 0.5137 \times 11708.26$$

$$= 6015.2529 \text{ kg}$$

Menghitung massa air pada NaOH :

$$\text{Mol NaOH} = \text{massa} / \text{BM}$$

$$= 150.38132 \text{ mol}$$

$$\text{Volume NaOH} = \text{mol (n)} / \text{Molar (M)}$$

$$= 7.161 \text{ L}$$

$$\text{Massa larutan} = \text{berat bahan} \times \text{densitas}$$

$$= 43075.319 \text{ kg}$$

$$\text{Massa air pada bahan} = \text{Massa larutan} - \text{Massa bahan}$$

$$= 37060.066 \text{ kg}$$

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (3)		Aliran (4)	
NaOH	6015.2529	NaOH	6015.253
H ₂ O	37060.066	H ₂ O	37060.07
Total	43075.3	Total	43075.3

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dan air dengan konversi 98%.



Data BM :

$$\text{HNO}_3 = 63$$

$$\text{NaOH} = 40$$

$$\text{NaNO}_3 = 85$$

$$\text{H}_2\text{O} = 18$$

$$\text{Mencari mol HNO}_3 = \text{massa HNO}_3 / \text{BM HNO}_3$$

$$= 90.36 \text{ mol}$$

$$\text{Mol HNO}_3 \text{ bereaksi} = \text{mol HNO}_3 \times 98\%$$

$$= 88.55 \text{ mol}$$

$$\text{Massa HNO}_3 \text{ yang masuk} = 5693.01 \text{ kg}$$

$$\text{Massa HNO}_3 \text{ yang bereaksi} = \text{mol HNO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM}$$

$$= 5597.147 \text{ kg}$$

$$\text{Massa HNO}_3 \text{ sisa} = \text{HNO}_3 \text{ masuk} - \text{HNO}_3 \text{ bereaksi}$$

$$= 113.86 \text{ kg}$$

$$\text{Mencari mol NaOH} = \text{massa NaOH} / \text{BM NaOH}$$

$$= 150.38 \text{ mol}$$

$$\text{Mol NaOH bereaksi} = \text{mol NaOH} \times 98\%$$

$$= 88.55 \text{ mol}$$

$$\text{Massa NaOH yang masuk} = 6015.25 \text{ kg}$$

Massa NaOH yang bereaksi = mol NaOH bereaksi x BM
= 3542.31 kg

Massa NaOH sisa = NaOH masuk-NaOH bereaksi
= 2472.92 kg

Mencari mol NaNO_3 = mol HNO_3 bereaksi
= 88.55 mol

Massa NaNO_3 bereaksi = mol NaNO_3 x BM
= 7527.42 kg

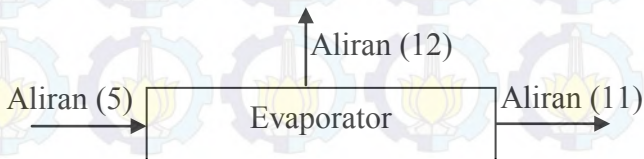
Mencari mol H_2O = mol HNO_3 bereaksi
= 88.55 mol

Massa H_2O yang bereaksi (kg) = mol H_2O x BM
= 1594.04 kg

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (2)		Aliran (5)	
HNO_3	5693.0072	HNO_3	113.86
H_2O	2846.5036	NaOH	2472.94
Aliran (4)		NaNO_3	7527.421
NaOH	6015.2529	H_2O	41500.61
H_2O	37060.066		
Total	51614.8	Total	51614.8

4. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan sodium nitrat 20% menjadi 65%.



Larutan NaNO₃ masuk = 7527.421 kg

Bahan Kering

= NaOH + HNO₃ + NaNO₃

= 10114.22 kg

Jumlah air yang terkandung

= 41500.611 kg

Xf = bahan kering/feed

= 0.1959557

Diketahui menggunakan evaporator triple effect

Neraca massa overall pada evaporator :

$$F = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3)$$

Neraca per komponen :

$$F \times X_f = (L_3 \times X_3) + (V_3 \times X_v)$$

$$10114.22 = (L_3 \times 0.65) + (0)$$

$$L_3 = 15560.336 \text{ kg}$$

Jumlah air yang diuapkan :

$$V_{\text{tot}} = F - L_3$$

$$V_{\text{tot}} = 36054.49 \text{ kg}$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = 12018.16 \text{ kg}$$

Neraca massa tiap efek evaporator

a. Evaporator I

$$F = L_1 + V_1$$

$$51614.83 = L_1 + 12018.16$$

$$L_1 = 39596.66 \text{ kg}$$

$$F \times X_f = (L_1 \times X_1) + (V_1 \times X_{v1})$$

$$10114.218 = 39596.66 \times X_1$$

$$X_1 = 0.255$$

b. Evaporator II

$$\begin{aligned}
 L1 &= L2 + V2 \\
 39596.66 &= L1 + 12018.16 \\
 L2 &= 27578.50 \text{ kg} \\
 L1 \times X1 &= (L2 \times X2) + (V2 \times Xv2) \\
 10114.218 &= 27578.50 \times X1 \\
 X1 &= 0.366
 \end{aligned}$$

c. Evaporator III

$$\begin{aligned}
 L2 &= L3 + V3 \\
 27578.50 &= L3 + 12018.16 \\
 L3 &= 15560.34 \text{ kg} \\
 L2 \times X2 &= (L3 \times X3) + (V3 \times Xv3) \\
 10114.218 &= 15560.34 \times X1 \\
 X1 &= 0.366
 \end{aligned}$$

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (5)		Aliran (11)	
HNO ₃	113.86	HNO ₃	113.86
NaOH	2472.94	NaOH	2472.94
NaNO ₃	7527.4207	NaNO ₃	7527.421
H ₂ O	41500.611	H ₂ O	5446.12
Jumlah	51614.83	Jumlah	15560.34
		Aliran (12)	
		H ₂ O	36054.49
Total	51614.83	Total	51614.83

5. Crystallizer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.



Diketahui data pada 40°C :

$K_{sp} \text{ NaNO}_3 = 102 \text{ kg}/100 \text{ kg H}_2\text{O}$

Asumsi bahwa tidak ada sodium nitrat dan air yang hilang, maka $W = 0$

Dengan F : Feed (kg/jam), S = Mother liquor (kg/jam), C = Kristal yang terbentuk (kg/jam)

Digunakan operasi pada kristalisasi 40°C

Feed kering masuk = 15560.34 kg

Bahan kering masuk = 10114.22 kg

Air masuk = 5446.12 kg

NaNO_3 masuk = 7527.421 kg

Fraksi NaNO_3 (X_f) = $\text{NaNO}_3 \text{ masuk}/\text{Feed masuk}$

$$= 7527.421/15560.34$$

$$= 0.483$$

Fraksi air (X_a) = $\text{air masuk}/\text{feed masuk}$

$$= 5446.12/15560.34$$

$$= 0.35$$

Kristal $\text{NaNO}_3 = \text{NaNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

BM NaNO_3 = 85

BM H_2O = 54

BM total = 139

$$F = S + C + W$$

Neraca Komponen

Neraca komponen air

$$F \times X_a = (100/(100+102))S + (54/139)C + 0$$

$$5446.117 = 0.495S + 0.3884 C \dots (1)$$

Neraca komponen NaNO_3

$$F \times X_f = (102/(100+102))S + (85/139)C + 0$$

$$7527.421 = 0.5049S + 0.6115 C \dots (2)$$

Eliminasi persamaan 1 dan 2

$$\begin{array}{rcl}
 5446.117 & = & 0.495S + 0.3884 C \quad | \quad \times 0.6115 \\
 7527.421 & = & 0.504S + 0.6115 C \quad | \quad \times 0.3884 \\
 \hline
 3330.359 & = & 0.302S + 0.2375 C \\
 2924.321 & = & 0.196S + 0.2375 C - \\
 \hline
 406.037 & = & 0.106 S \\
 S & = & 3810.405 \\
 C & = & 9163.133
 \end{array}$$

Sodium nitrat yang menjadi Kristal = $C \times 0.6115$
 = 5603.355 kg

Sodium nitrat yang tidak menjadi Kristal = $S \times 0.504$
 = 1924.066 kg

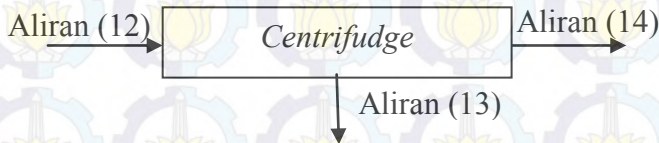
H₂O yang ikut menjadi Kristal = $C \times 0.3884$
 = 3559.778 kg

H₂O yang tidak menjadi Kristal = $S \times 0.495$
 = 1886.339 kg

Aliran Masuk (kg)	Aliran Keluar (kg)
Aliran (11)	Aliran (12)
HNO ₃ 113.86	Kristal :
NaOH 2472.94	Kristal NaNO ₃ 5603.355
NaNO ₃ 7527.4207	Air 3559.778
H ₂ O 5446.12	Mother liquor :
Jumlah 15560.34	NaNO ₃ 1924.066
	HNO ₃ 113.86
	NaOH 2472.94
	Air 1886.339
	Jumlah 15560.34
Total 15560.34	Total 15560.34

6. *Centrifudge*

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan *mother liquor*.



Diketahui kristal yang terikut mother liquornya sebesar 2%

$$\text{Kristal NaNO}_3 = 5603.3547 \text{ kg}$$

$$\text{Kristal terikut mother liquor} = 5603.3547 \times 2\%$$

$$= 112.067 \text{ kg}$$

$$\text{Kristal yang terbentuk} = 5603.3547 - 112.067$$

$$= 5491.287 \text{ kg}$$

Larutan yang terikut Kristal sebesar 1%

$$\text{NaNO}_3 \text{ yang terikut} = 1924.066 \times 1\%$$

$$= 19.24066 \text{ kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ yang terikut} = 113.86 \times 1\%$$

$$= 1.1386 \text{ kg}$$

$$\text{NaOH yang terikut} = 2472.94 \times 1\%$$

$$= 24.7293 \text{ kg}$$

Air yang terikut Kristal 3-5% jumlah NaNO_3 yang masuk.

Air yang terikut Kristal =

$$5\% \times (100/95) \times (5491.28 + 19.24 + 1.138 + 24.729)$$

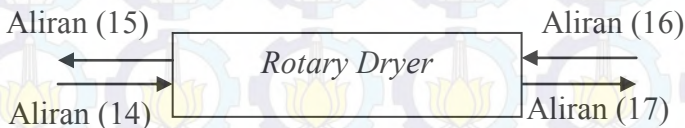
$$\text{Air yang terikut Kristal} = 291.389 \text{ kg}$$

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (12)		Aliran (14)	
Kristal :		Kristal NaNO_3	5491.288
Kristal NaNO_3	5603.3547	Air yang terikut kristal	291.3893
Air	3559.7783	NaNO_3 cair	19.24066
Mother liquor :		HNO_3	1.138601
NaNO_3	1924.0659	NaOH	24.72937
HNO_3	113.86	Jumlah	5827.79

NaOH	2472.94	Aliran (13)	
H ₂ O	1886.3391	Kristal NaNO ₃	112.0671
Jumlah	15560.34	NaNO ₃ cair	1904.825
		HNO ₃	112.72
		NaOH	2448.21
		H ₂ O	5154.728
		Jumlah	9732.55
Total	15560.34	Total	15560.34

7. Rotary Dryer

Fungsi : Mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat hingga 1%



Dasar perhitungan :

1. $C_p \text{ solid} = c_p \text{ sodium nitrat}$ (diasumsikan konstan)
2. Panas hilang ($Q \text{ loss}$) = kurang lebih 5% dari panas masuk
3. Udara panas masuk pada suhu 50°C dan relative humidity 50%
 $TG_2 = 50^\circ\text{C}$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = 0,045 kg H₂O/kg udara kering.

(figure 9.3-2 Geankoplis 4th edition, p. 568)

4. Untuk Rotary Dryer, harga N_t yang ekonomis berkisar antara 1,5 sampai 2,5 sehingga diambil $N_t = 2$
5. Dari Humidity Chart untuk $TG_2 = 50^\circ\text{C}$ dengan $H_2 = 0,045 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$
 $T_w = 37.5^\circ\text{C}$

$$N_t = \frac{\ln(TG_2 - T_w)}{(TG_1 - T_w)}$$

$$2 = \frac{2.525729}{TG_1 - 52}$$

$$TG_1 = 38.76286 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6. Rate solid masuk (Ls) = Feed – air terikut Kristal
= 5536.3963 kg
7. Suhu masuk solid (T_{s1}) = 40°C
8. Suhu solid keluar (T_{s2}) = 65°C
9. Kapasitas panas solid Cps = $0.262 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{K}$
10. Kapasitas udara Cpa = $1.00142 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{K}$
11. Suhu referen (T_0) = 25°C
12. Panas latent = 2270.14 kJ/kg
= 542.576 kkal/kg

$$\begin{aligned} X_1 &= \text{massa H}_2\text{O/massa feed kering} \\ &= 291.38/5536.39 \\ &= 0.052 \text{ Kg H}_2\text{O/kg solid kering} \end{aligned}$$

13. Kadar air dalam produk keluar : 1%

$$X_2 = 0.01 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

Neraca Komponen air :

$$\begin{aligned} G.H_2 + Ls.X_1 &= G.H_1 + Ls.X_2 \\ 0.045G + 291.38 &= G.H_1 + 55.363 \\ 0.045G + 236.025 &= G.H_1 \dots (1) \end{aligned}$$

Komponen Masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$\begin{aligned} H'G_2 &= Cs (TG_2 - T_0) + H_2.\lambda_0 \\ (\text{Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562}) \\ H'G_2 &= (1,005 + 1,88 H_2) (TG_2 - T_0) + (0,045 \times 542,57648) \\ &= (1,005 + 1,88 [0,045]) (50 - 25) + 6,8794 \\ &= (1.0896 \times 25) + 24.415 \\ &= 51.655 \text{ kkal/kg kering} \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk :

$$\begin{aligned} H's_1 &= Cps (Ts_1 - T_0) + X_1.CpA (Ts_1 - T_0) \\ (\text{Pers. 9.10-25 Geankoplis 3rd edition, p. 562}) \\ H's_1 &= 0.2673 (40-25) + (0.0526 \times 1.00143).(40-25) \end{aligned}$$

$$= 4.49000185 + 0.790595$$

$$= 5 \text{ kcal/kg solid kering}$$

Komponen Keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned} H'G_1 &= C_s (TG_1 - T_0) + H_1 \cdot \lambda_0 \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (TG_1 - T_0) + (H_1 \times 542.576) \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (38.762 - 25) + 542.576 H_1 \\ &= ((1,005 + 1,88 H_1) \times 13.7628) + 542.576 H_1 \\ &= 13.8316 + 568 H_1 \dots (2) \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned} H's_2 &= C_{ps} (Ts_2 - T_0) + X_2 C_{pa} (Ts_2 - T_0) \\ &= 0.262 (65 - 25) + (0.01 \times 1.00142) \cdot (65 - 25) \\ &= 11.9733 + 0.400568 \\ &= 12 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

$$G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_1 = G \cdot H'G_1 + L_s \cdot H's_2 + Q \text{ loss}$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_1 = G \cdot H'G_1 + L_s \cdot H's_2 + 5\% \times (G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_1)$$

$$\begin{aligned} 118.4756G + 29235.475 &= G \cdot H'G_1 + 68506.85 + 5.923G + 1462 \\ 35.2414G - 568 H_1 G &= 40.733 \dots (3) \end{aligned}$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (3)

$$\begin{aligned} 35.2414G - 568 (0.045G + 236.025) &= 40.733 \\ 9.661186 G &= 174.902 \\ G &= 18103,56 \text{ kg udara panas /jam} \end{aligned}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (1)

$$\begin{aligned} 0.045G + 236.025 &= G \cdot H_1 \\ 18103,56 \cdot H_1 &= 814.66 + 236.0253 \\ H_1 &= 0.05804 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering} \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 17

$$U_{ap} \text{ H}_2\text{O} = (\text{Feed H}_2\text{O masuk} + (G \times H_2)) - \text{H}_2\text{O produk}$$

$$= (291.3893 + 814.6604) - 55.3639627$$

$$= 1050.686 \text{ kg}$$

$$\text{Udara basah} = G + \text{Uap air}$$

$$= 18103,56 + 1050.686$$

$$= 19154.25 \text{ kg}$$

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 15
1% impurities terikut udara menuju cyclone

$$\text{NaNO}_3 = 19.24066 \times 1\%$$

$$= 0.192407$$

$$= 5491.288 \times 1\%$$

$$\text{Kristal NaNO}_3 = 54.91288$$

$$\text{HNO}_3 = 1.138601 \times 1\%$$

$$= 0.011386$$

$$\text{NaOH} = 24.72937 \times 1\%$$

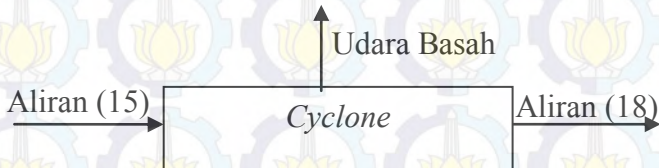
$$= 0.247294$$

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (14)		Aliran (17)	
Kristal NaNO ₃	5491.2876	Kristal NaNO ₃	5436.375
Air yang terikut kristal	291.38928	Air yang terikut kristal	55.36396
NaNO ₃ cair	19.240659	NaNO ₃ cair	19.04825
HNO ₃	1.14	HNO ₃	1.13
NaOH	24.729373	NaOH	24.48208
Jumlah	5827.79	Jumlah	5536.4
Aliran (16)		Aliran (15)	
Udara Kering	18103.6	Kristal NaNO ₃	54.91288
Uap air	814.66036	NaNO ₃ cair	0.192407
Jumlah	18918.2	HNO ₃	0.011386
		NaOH	0.247294
		Jumlah	55.364
		Aliran (15)	

		Udara kering	18103.56
		Uap air	1050.686
		Jumlah	19154.2
Total	24746	Total	24746

8. *Cyclone*

Fungsi : Memisahkan padatan dengan udara panas



Dasar perhitungan :

1. Efisiensi cyclone 98 % untuk menghilangkan uap air
2. Banyak NaNO_3 yang hilang ke udara adalah 2% dari jumlah NaNO_3 yang masuk ke cyclone

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (15)		Aliran (18)	
Kristal NaNO_3	54.912876	Kristal NaNO_3	53.81462
NaNO_3 cair	0.1924066	NaNO_3 cair	0.188558
HNO_3	0.011386	HNO_3	0.011158
NaOH	0.2472937	NaOH	0.242348
Jumlah	55.364	Uap air	21.01371
Aliran (15)		Jumlah	75.2704
		Aliran Udara Kering	
Udara kering	18103.564	Udara kering	18103.6
Uap air	1050.6857	Uap air	1029.67
Jumlah	19154.2	Kristal NaNO_3	1.09826
		NaNO_3 cair	0.00385
		HNO_3	0.00023
		NaOH	0.00495

		Jumlah	19134.3
Total	19209.6	Total	19209.6

9. *Screen*

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan ukuran yang diinginkan.

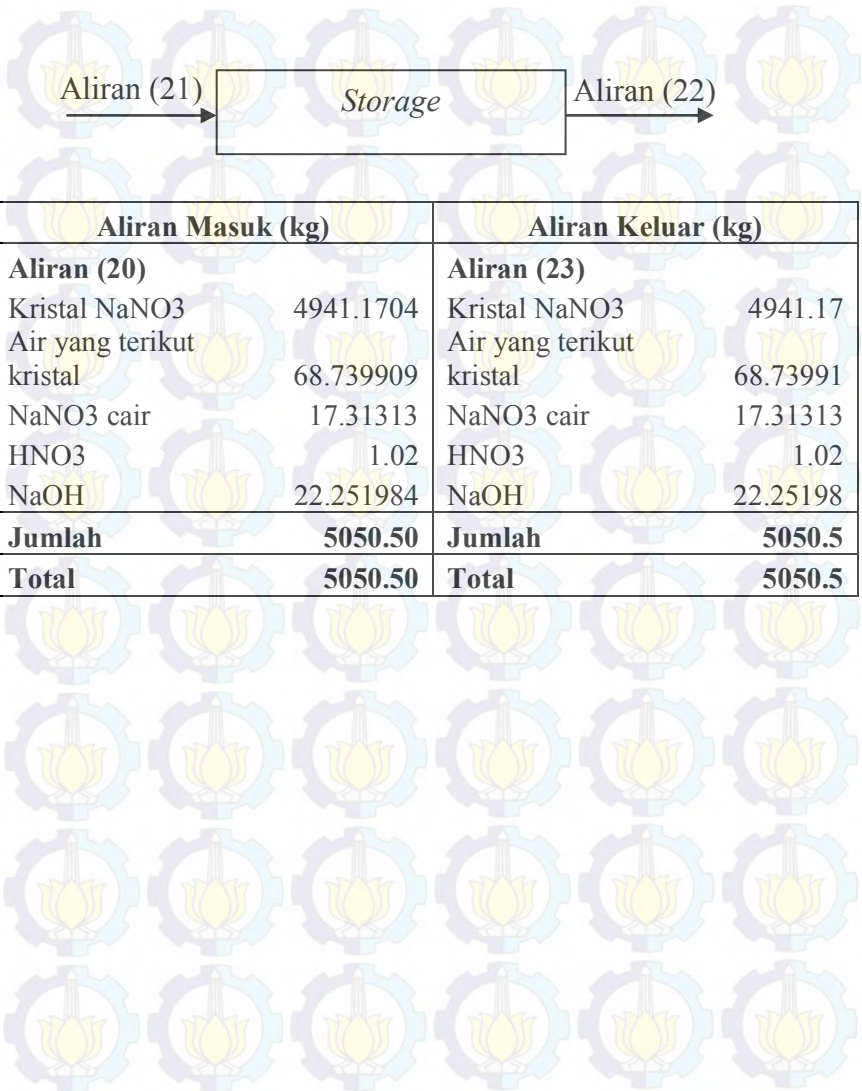


Massa kristal yang tertahan di vibrating screen = 10 % dari jumlah kristal yang masuk screen.

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (17)		Aliran (21)	
Kristal NaNO_3	5436.375	Kristal NaNO_3	4941.17044
Air yang terikut kristal	55.36396	Air yang terikut kristal	68.7399086
NaNO_3 cair	19.04825	NaNO_3 cair	17.31313
HNO_3	1.13	HNO_3	1.02
NaOH	24.48208	NaOH	22.2519845
Jumlah	5536.40	Jumlah	5050.5
Aliran (18)		Kristal Tertahan	
Kristal NaNO_3	53.81462	Kristal NaNO_3	549.018938
NaNO_3 cair	0.188558	Air yang terikut kristal	7.63776763
HNO_3	0.011158	NaNO_3 cair	1.92368112
NaOH	0.242348	HNO_3	0.11383737
Uap air	21.01371	NaOH	2.47244272
Jumlah	75.2704	Jumlah	561.167
Total	5611.67	Total	5611.67

10. *Storage*

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan ukuran yang diinginkan



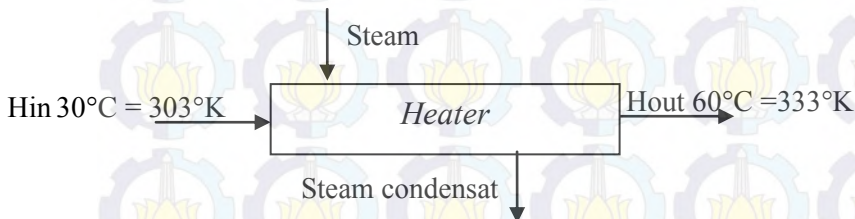
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (20)		Aliran (23)	
Kristal NaNO ₃	4941.1704	Kristal NaNO ₃	4941.17
Air yang terikut kristal	68.739909	Air yang terikut kristal	68.73991
NaNO ₃ cair	17.31313	NaNO ₃ cair	17.31313
HNO ₃	1.02	HNO ₃	1.02
NaOH	22.251984	NaOH	22.25198
Jumlah	5050.50	Jumlah	5050.5
Total	5050.50	Total	5050.5

APPENDIX B NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 40.000 ton/tahun
 = 5050.5 kg/hari
 Operasi = 330 hari/tahun
 = 24 jam
 Satuan Panas = kcal
 Basis waktu = 1 jam

1. Heater

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor



Berdasarkan Geankoplis Appendix A.2 dan A.3 :

Cp larutan masuk = 0.0102 kJ/kg.K
 Cp larutan keluar = 0.0093 kJ/kg.K
 Cp steam masuk = 1.9 kJ/kg.K
 Cp steam keluar = 1.9 kJ/kg.K

a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

T larutan masuk = 30°C = 303°K
 Cp larutan masuk = 0.0102 kJ/kg.K
 m larutan masuk = 1033807.68 kg/hari
 Hin = m x Cp x ΔT
 = 1033807.68 x 0.0102 x (303-298)
 = 53225.742 kJ

b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

T larutan keluar = 60°C = 333°K
 Cp larutan keluar = 0.0093 kJ/kg.K

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 m \text{ larutan keluar} &= 1033807.68 \text{ kg/hari} \\
 \text{Hout} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 1033807.68 \times 0.0093 \times (333-298) \\
 &= 336623.9242 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi Bahan			
Hin (kJ)	53225.742	Hout (kJ)	336623.9242

c. Menghitung kebutuhan steam :

$$T_{\text{steam}} = 394^\circ\text{K}$$

$$H_v = 2708.1 \text{ kJ}$$

$$H_L = 509.03 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= m \times \lambda \\
 &= (2708.1 - 509.03) \times m \\
 &= 2199.07 \text{ m kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$Q_c = 509.03 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_s \\
 &= 5\% \times 2199.07 \text{ m kJ/kg} \\
 &= 109.9535 \text{ m kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ masuk} + Q_{\text{in}} &= H \text{ keluar} + Q_{\text{out}} \\
 53225.742 + 2199.07 \text{ m} &= 337132.95 + 109.9535 \text{ m} \\
 2089.1165 \text{ m} &= 283907.2122 \text{ kg} \\
 \text{m} &= 135.898 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$Q_s = 298849.697 \text{ kJ}$$

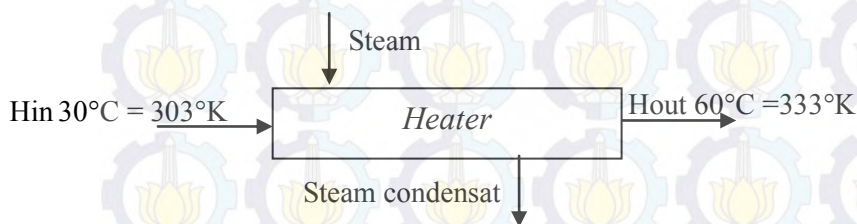
$$Q_{\text{cw}} = 509.030 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{loss}} = 14942.485 \text{ kJ}$$

Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	53225.742	H	336623.924
Q s	298849.697	Q c	509.030
		Q loss	14942.485
TOTAL	352075.439	TOTAL	352075.439

2. Heater

Fungsi : Memanaskan larutan HNO₃ sebelum masuk reaktor



Berdasarkan Geankoplis Appendix A.2 dan A.3 :

Cp larutan masuk = 0.006 kJ/kg.K

Cp larutan keluar = 0.0055 kJ/kg.K

Cp steam masuk = 1.9 kJ/kg.K

Cp steam keluar = 1.9 kJ/kg.K

a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

T larutan masuk = 30°C = 303°K

Cp larutan masuk = 0.0102 kJ/kg.K

m larutan masuk = 204948.264 kg/hari

Hin = m x Cp x ΔT
 = 204948.264 x 0.006 x (303-298)
 = 6216.088 kJ

b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

T larutan keluar = 60°C = 333°K

Cp larutan keluar = 0.0055 kJ/kg.K

m larutan keluar = 204948.264 kg/hari

Hout = m x Cp x ΔT

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$= 204948.264 \times 0.0055 \times (333-298)$$

$$= 39592.558 \text{ kJ}$$

Neraca Energi Bahan			
Hin (kJ)	6216.088	Hout (kJ)	39592.558

c. Menghitung kebutuhan steam :

$$T_{\text{steam}} = 394^{\circ}\text{K}$$

$$H_v = 2708.1 \text{ kJ}$$

$$H_L = 509.03 \text{ kJ}$$

$$Q_s = m \times \lambda$$

$$= (2708,1 - 509,03) \times m$$

$$= 2199.07 \text{ m kJ/kg}$$

$$Q_c = 509.03 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_s$$

$$= 5\% \times 2199.07 \text{ m kJ/kg}$$

$$= 109.9535 \text{ m kJ/kg}$$

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{in}}$$

$$6216.088 + 2199.07 \text{ m}$$

$$2089.1165 \text{ m}$$

$$\text{m}$$

$$= H_{\text{out}} + Q_{\text{out}}$$

$$= 40101.588 + 109.9535 \text{ m}$$

$$= 33885.5 \text{ kg}$$

$$= 16.22 \text{ kg/hari}$$

Sehingga :

$$Q_s = 35668.948 \text{ kJ}$$

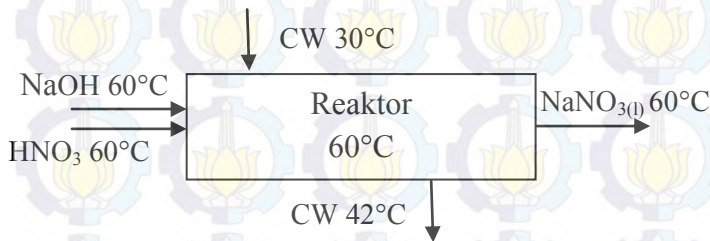
$$Q_{\text{cw}} = 509.030 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{loss}} = 1491783.447 \text{ kJ}$$

Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	6216.088	H	39592.558
Q s	35668.948	Q c	509.030
		Q loss	1783.447
TOTAL	41885.035	TOTAL	41885.035

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dengan konversi 98%.



Kapasitas Panas Bahan :

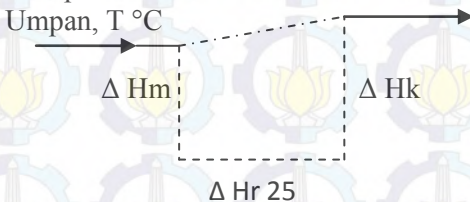
$$C_p \text{ HNO}_3 = 0.439 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ NaOH} = 0.356 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ NaNO}_3 = 0.262 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

Diagram alir panas :



Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

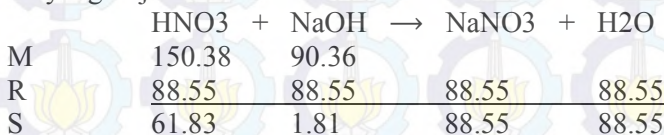
a. Menghitung panas yang dibawa umpan, ΔH_m

T reference = 25°C

Umpan 1		m	Cp	ΔT		
HNO ₃	=	5693	0.439	5	=	12496.2
H ₂ O	=	2847	1	5	=	14232.5
Umpan 2						
NaOH	=	6015	0.439	5	=	10707.2
H ₂ O	=	37060	1	5	=	185300
Total					=	222736.14

$$\Delta H_m = 22273.1474 \text{ kkal}$$

Reaksi yang terjadi



b. Menghitung panas reaksi, ΔH 25°C

Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f	$H = n.Mol.\Delta H_f$
NaOH	1	88.55	-101.99	-9031.2145
HNO ₃	1	88.55	-41.4	-3665.97
NaNO ₃	1	88.55	-111.54	-9876.867
H ₂ O	1	88.55	-68.315	-6049.29325
Total				-28623.34475

Menghitung panas reaksi, ΔH 60°C

Komponen	Massa	Cp	ΔT	$Q = m.Cp.\Delta T$
NaOH	6015.25	0.356	35	74950.05129
HNO ₃	5693.007	0.439	35	87473.05595
NaNO ₃	7527.42	0.262	35	69026.44744
H ₂ O	41500.611	1	35	1452521.395
Total				1683970.95

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H 25^{\circ}\text{C} + \Delta H 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -28623.34475 + 1683970.95$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = 1655347.605 \text{ kkal}$$

- c. Menghitung panas yang dibawa hasil, ΔH_k
 Hasil keluaran reactor pada suhu 60°C

Komponen	Massa	Cp	ΔT	$Q = m.Cp.\Delta T$
NaOH	2472.937	0.356	35	30812.79886
HNO ₃	113.86	0.439	35	1749.461119
NaNO ₃	7527.42	0.262	35	69026.44744
H ₂ O	41500.611	1	35	1452521.395
Total				1554110.103

$$\Delta H_k = 1554110.103 \text{ kkal}$$

Neraca energy total

$$\Delta H \text{ bahan masuk} + \Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ bahan keluar} + Q \text{ serap}$$

$$22273.1474 + 1655347.605 = 1554110.103 + Q \text{ serap}$$

$$Q \text{ serap} = 323973.6499 \text{ kkal}$$

Kebutuhan air pendingin

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 42^{\circ}\text{C}$$

$$Q \text{ serap} = (m.Cp.\Delta T)$$

$$\text{Massa air pendingin} = Q \text{ serap} / (Cp.\Delta T)$$

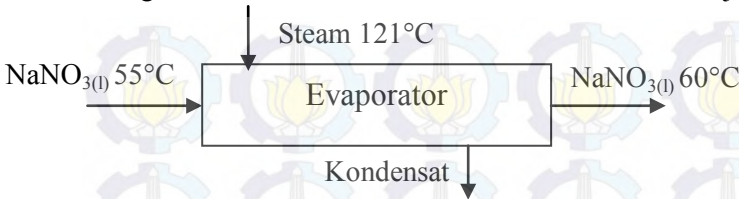
$$= 323973.6499 / (1 \times (42-30))$$

$$= 26997.8 \text{ kg}$$

Masuk		Keluar	
Q _{bahan}	22273.1474	Q _{bahan}	1554110.103
ΔH_{reaksi}	1655347.605	Q _{serap}	323973.6499
Total	1878083.753	Total	1878083.753

4. Evaporator

Fungsi :Memekatkan larutan Sodium Nitrat 20% menjadi 65%.



Neraca Massa tiap Effect

NERACA MASSA EFFECT I			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed		Ke Effect II	
HNO3	113.8601444	HNO3	113.86
NaOH(aq)	2472.937309	NaOH(aq)	2472.94
H ₂ O _(l)	41500.6113	H ₂ O _(l)	29482.45
NaNO3	7527.420659	NaNO3	7527.42
		Uap Air (H ₂ O)	12018.16
JUMLAH	51614.83	JUMLAH	51614.83

NERACA MASSA EFFECT II			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect I		Ke Effect III	
HNO3	113.86	HNO3	113.86
NaOH(aq)	2472.94	NaOH(aq)	2472.94
H ₂ O _(l)	29482.45	H ₂ O _(l)	17464.28
NaNO3	7527.42	NaNO3	7527.42

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

		Uap Air (H ₂ O)	12018.16
JUMLAH	39596.66	JUMLAH	39596.66

NERACA MASSA EFFECT III			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect II		ALIRAN 11	
HNO ₃	113.86	HNO ₃	113.86
NaOH(aq)	2472.94	NaOH(aq)	2472.94
H ₂ O _(l)	17464.28	H ₂ O _(l)	5446.12
NaNO ₃	7527.42	NaNO ₃	7527.42
		Uap Air (H ₂ O)	12018.16
JUMLAH	27578.50	JUMLAH	27578.50

Neraca Energi Total :

$$\Delta H \text{ Feed} + Q \text{ steam} = \Delta H \text{ Produk} + Q \text{ Loss}$$

Perhitungan Boiling Point Rise (BPR) dan Temperature tiap Effect

$$\text{BPR}^{\circ}\text{C} = 1.78x + 6.22x^2$$

$$X1 = 0.2554$$

$$X2 = 0.3667$$

$$X3 = 0.65$$

Sehingga diperoleh BPR tiap Effect :

$$\text{BPR1} = 1.78 (0.2554) + 6.22 (0.2554)^2 = 0.86^{\circ}\text{C} = 273.260^{\circ}\text{K}$$

$$\text{BPR2} = 1.78 (0.3667) + 6.22 (0.3667)^2 = 1.49^{\circ}\text{C} = 273.370^{\circ}\text{K}$$

$$\text{BPR3} = 1.78 (0.6500) + 6.22 (0.6500)^2 = 3.78^{\circ}\text{C} = 276.460^{\circ}\text{K}$$

Kondisi Vacuum pada Effect 3 :

Suhu Saturated Steam, $T_{3sat} = 60^{\circ}\text{C}$
 Suhu Steam Masuk, $T_{s1} = 121^{\circ}\text{C}$ (Ulrich; 426)

$$\begin{aligned}\sum \Delta T &= T_{s1} - T_{3sat} - (BPR1 + BPR2 + BPR3) \\ &= 121 - 60 - (0.86 + 1.49 + 3.78) \\ &= 54.87^{\circ}\text{C} = 328.02^{\circ}\text{K}\end{aligned}$$

$$\Delta T = (\sum \Delta T \times (1/U_i)) / ((1/U_1) + (1/U_2) + (1/U_3))$$

Asumsi Koefisien Overall Evaporasi :

$$U_1 = 2800 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K} = 2407.74 \text{ kkal/hr.m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$U_2 = 1900 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K} = 1633.82 \text{ kkal/hr.m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

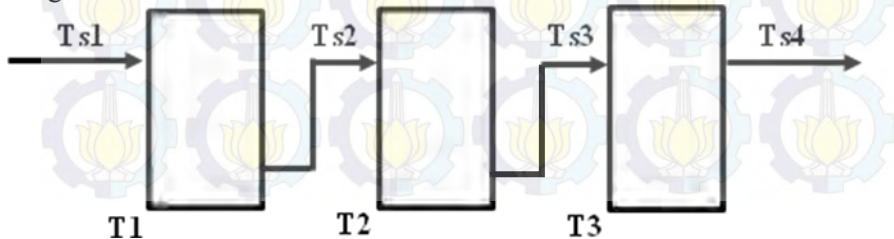
$$U_3 = 1100 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K} = 945.898 \text{ kkal/hr.m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= \sum \Delta T \frac{1/U_1}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 10.93^{\circ}\text{C} = 284.08^{\circ}\text{K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_2 &= \sum \Delta T \frac{1/U_2}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 16.11^{\circ}\text{C} = 289.26^{\circ}\text{K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_3 &= \sum \Delta T \frac{1/U_3}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 27.82^{\circ}\text{C} = 300.97^{\circ}\text{K}\end{aligned}$$

Diagram Suhu :



Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Perhitungan Actual Boiling Point pada tiap Effect :

$$\begin{aligned} T1 &= Ts1 - \Delta T1 = 121 - 10.93 \\ &= 110.07^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T2 &= T1 - \text{BPR1} - \Delta T2 = 110.07 - 0.86 - 16.11 \\ &= 93.10^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts2 &= T1 - \text{BPR1} = 110.07 - 0.86 \\ &= 109.21^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T3 &= T2 - \text{BPR2} - \Delta T3 = 93.10 - 1.49 - 27.82 \\ &= 63.78^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts3 &= T2 - \text{BPR2} = 93.10 - 1.49 \\ &= 91.61^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts4 &= T3 - \text{BPR3} = 63.78 - 3.78 \\ &= 60^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Sehingga, didapat temperature pada tiap effect :

Diagram Suhu :



Perhitungan Specific Heat (Cp)

Cp, Feed (Effect I)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO3	0.439	0.0022	0.00097
NaOH(aq)	0.356	0.0479	0.01706
H ₂ O _(l)	1	0.8040	0.80404
NaNO3	0.262	0.1458	0.03821
Total		1.00	0.86028

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Cp, L1 (Effect 1)

Komponen	Cp	Fraaksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO3	0.439	0.0029	0.00126
NaOH(aq)	0.356	0.0625	0.02223
H ₂ O _(l)	1	0.7446	0.74457
NaNO3	0.262	0.1901	0.04981
Total		1.00	0.81787

Cp, L2 (Effect 2)

Komponen	Cp	Fraaksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO3	0.439	0.0041	0.0018
NaOH(aq)	0.356	0.0897	0.0319
H ₂ O _(l)	1.000	0.6333	0.6333
NaNO3	0.262	0.2729	0.0715
Total		1.00	0.7385

Cp, L3 (Effect 3)

Komponen	Cp	Fraaksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO3	0.439	0.0073	0.0032
NaOH(aq)	0.356	0.1589	0.0566
H ₂ O _(l)	1.000	0.3500	0.3500
NaNO3	0.262	0.4838	0.1267
Total		1.00	0.5365

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Data Steam :

Suhu Steam	Suhu (°C)	ΔH sat.liquid	ΔH evaporation	ΔH sat.vapor
		(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)
Ts1	121	509.03	2199.070	2708.100
Ts2	109.21	501.920	2188.659	2690.579
Ts3	91.61	461.151	2201.749	2662.900
Ts4	60	251.130	2358.470	2609.600

(Geankoplis A.2-9 Properties of Saturated Steam and Water (Steam Table))

Perhitungan pada Effect I :

$$T1 = 110.07$$

$$Ts2 = 109.21$$

$$BPR1 = 0.86$$

$$Ts1 = 121$$

$$\begin{aligned} H1 &= Hs2(\text{saturation enthalpy at } Ts2) + 1.884(BPR1) \\ &= 2690.579 + 1.884 (0.86) \\ &= 2692.20 \text{ kJ/kg} \\ &= 643.02 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As1 &= Hs1 (\text{vapor saturation enthalpy}) - hs1 (\text{liquid enthalpy at } Ts1) \\ &= 2708.100 - 509.03 \\ &= 2199.07 \text{ kJ/kg} \\ &= 525.24 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pada Effect II :

$$T2 = 93.10$$

$$Ts3 = 91.16$$

$$BPR2 = 0.86$$

$$\begin{aligned} H2 &= Hs3(\text{saturation enthalpy at } Ts3) + 1.884(BPR2) \\ &= 2662.900 + 1.884 (1.49) \\ &= 2665.71 \text{ kJ/kg} \\ &= 636.69 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As2 &= H1 - hs2 (\text{liquid enthalpy at } Ts2) \\ &= 2692.20 - 501.920 \\ &= 2190.28 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$= 523.14 \text{ kkal/kg}$$

Perhitungan pada Effect III :

$$T3 = 63.78 \quad Ts4 = 60$$

$$BPR3 = 3.78$$

$$\begin{aligned} H3 &= Hs4(\text{saturation enthalpy at } Ts4) + 1.884(BPR3) \\ &= 2609.600 + 1.884 (2.78) \\ &= 2616.73 \text{ kJ/kg} \\ &= 625.00 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As3 &= H2 - hs3 (\text{liquid enthalpy at } Ts3) \\ &= 2665.71 - 461.151 \\ &= 2204.56 \text{ kJ/kg} \\ &= 526.55 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Steam Economy :

Kebutuhan Steam :

$$V1 = F - L1$$

$$F + S = L1 + V1$$

$$(F.Cp.\Delta T) + (S.\lambda s1) = (L1.Cp.\Delta T) + (V1.H1)$$

$$F = 51614.83 \text{ kg/jam}$$

$$Cp, F = 0.86 \text{ kkal/kg.C}$$

$$TF = 60^\circ\text{C}$$

$$\lambda s1 = 525.24 \text{ kkal/kg}$$

$$L1 = 39596.66 \text{ kg/jam}$$

$$Cp, L1 = 0.82 \text{ kkal/kg.C}$$

$$TL1 = 110.07^\circ\text{C}$$

$$V1 = 12018.16 \text{ kg/jam}$$

$$H1 = 643.02 \text{ kkal/kg}$$

$$F.Cp.(Tf-Tref) + S.\lambda s1 = L1.Cp.(TL1-Tref) + (V1.H1)$$

$$((51614.83) \times (0.86) \times (60-25)) + (S \times 525.24)$$

$$= (39596.66) \times (0.82) \times (110.07-25) + (12018.16 \times 643.02)$$

$$1554110.10 + 525.24S = 10482883.56$$

$$525.24S = 8928773.46$$

$$S = 16999.45 \text{ kg/jam}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Perhitungan Neraca Energi tiap Effect :

Neraca Energi evaporator I

$$S = 16999.45 \text{ kg/jam}$$

$$T_{F, \text{Feed}} = 121^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 110.07^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_{s1} = 525.24 \text{ kkal/kg}$$

$$H_1 = 643.02 \text{ kkal/kg}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{\text{ref}})$ (°C)	$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	113.86	0.439	31	1524.53
NaOH(aq)	2472.94	0.356	31	26851.15
H ₂ O _(l)	41500.61	1	31	1265768.64
NaNO ₃	7527.42	0.262	31	60151.62
Jumlah	51614.83			1354295.95
ALIRAN x		$\lambda_{s1} \text{ (kkal/kg)}$		
Steam (S)	16999.45		525.24	8928773.46
Jumlah	16999.45			8928773.26
Total				10283069.40

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{\text{ref}})$ (°C)	$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	113.86	0.439	85.07	4252.13
NaOH(aq)	2472.94	0.356	85.07	74891.66
H ₂ O _(l)	29482.45	1	85.07	2508036.63
NaNO ₃	7527.42	0.262	85.07	167771.36

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Jumlah	39596.66		2754951.78
ALIRAN x		H1 (kkal/kg)	
Uap H2O	12018.16	643.02	7727931.78
Jumlah	12018.16		7727931.78
Total			10482883.56

Neraca Energi Evaporator II :

$$\begin{aligned}
 L1 &= 39596.66 \text{ kg/hari} \\
 C_p, L1 &= 0.82 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL1 &= 110.07^\circ\text{C} \\
 V1 &= 12018.16 \text{ kg/jam} \\
 L2 &= 27578.50 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 C_p, L2 &= 0.74 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL2 &= 93.10^\circ\text{C} \\
 H2 &= 636.69 \text{ kkal/kg} \\
 \lambda s2 &= 523.14 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L1.Cp1.(T1-Tref) + V1.\lambda s2 &= L2.Cp2.(T2-Tref) + V2.H2 \\
 2754951.78 \times 6287175.70 &= 1386963.79 + V2 (636.69) \\
 9042127.57 &= 1386963.79 + V2 (636.69) \\
 V2 (636.69) &= 7655163.77 \\
 V2 &= 12023.32 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T-Tref)$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO3	113.86	0.439	85.07	4252.13
NaOH(aq)	2472.94	0.356	85.07	74891.66
H ₂ O _(l)	29482.45	1.000	85.07	2508036.63
NaNO3	7527.42	0.262	85.07	167771.36
Jumlah	39596.66			2754951.78

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

ALIRAN x		λ_{s2} (kkal/kg)	
Uap H ₂ O 1	12018.16	523.14	6287175.79
Jumlah	12018.16		6299518.89
Total			9042127.57

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{ref})$ (°C)	Q = m.Cp.ΔT (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	113.86	0.439	68.10	3403.91
NaOH(aq)	2472.94	0.356	68.10	59952.19
H ₂ O _(l)	17464.28	1.000	68.10	1189303.53
NaNO ₃	7527.42	0.262	68.10	134304.16
Jumlah	27578.50			1386963.79
ALIRAN x		H ₂ (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	12141.17	636.69		7655163.77
Jumlah	12141.17			7824541.24
Total				9042127.57

Neraca Energi Evaporator III :

L2 = 27578.50 kg/hari
 Cp, L2 = 0.74 kkal/kg.°C
 TL2 = 93.10°C
 V2 = 12023.32 kg/jam
 L3 = 15560.34 kg/jam
 Cp, L3 = 0.54 kkal/kg.°C
 TL3 = 63.78°C
 H3 = 625.00 kkal/kg
 λ_{s2} = 526.55 kkal/kg

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 L2.Cp2.(T2-0) + V2.\lambda s3 &= L3.Cp3.(T3-0) + V3.H3 \\
 1386963.79 \times 6330866.70 &= 323802.05 + V3 (625.00) \\
 7717830.59 &= 323802.05 + V3 (625.00) \\
 V3 (625.00) &= 7394028.54 \\
 V3 &= 11830.53 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T-T_{ref})$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	113.86	0.439	68.10	3403.91
NaOH(aq)	2472.94	0.356	68.10	59952.19
H ₂ O _(l)	17464.28	1.000	68.10	1189303.53
NaNO ₃	7527.42	0.262	68.10	134304.16
Jumlah	27578.50			1386963.79
ALIRAN x		$\lambda s3$ (kkal/kg)		
Uap H ₂ O 2	12141.17	526.55		6330866.79
Jumlah	12141.17			6454625.45
Total				7717830.59

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T-T_{ref})$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	113.86	0.439	38.78	1938.65
NaOH(aq)	2472.94	0.356	38.78	34144.94
H ₂ O _(l)	5446.12	1.000	38.78	211227.39
NaNO ₃	7527.42	0.262	38.78	76491.07
Jumlah	15560.34			323802.05

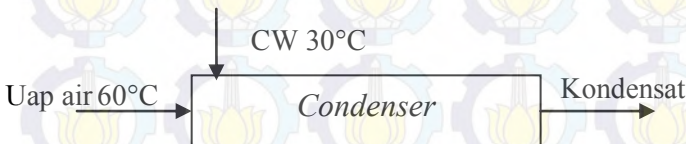
Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

ALIRAN x		H3 (kkal/kg)	
Uap H ₂ O	12304.68	625.00	7394028.54
Jumlah	12304.68		7885806.93
Total			7717830.59

$$\text{Steam Economy} = (V1 + V2 + V3)/S \\ = 2.11$$

5. Condenser

Fungsi : Mengondensasi sebagian uap dan menjaga tekanan evaporator.



Neraca energy total :

$$\text{Entalpi bahan masuk} = \text{entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

Neraca Massa Kondensasi:

Asumsi Uap yang lolos= 20% uap yang masuk (Kern,616)

$$\text{Massa Uap air} = 12708.83 \text{ kg}$$

$$\text{Uap air yang lolos} = 20\% \times 12708.83 = 2541.77 \text{ kg}$$

$$\text{Kondensat} = 12708.83 - 2541.77 = 10167.06 \text{ kg}$$

Entalpi bahan masuk :

Entalpi uap air dari (efek 3) pada suhu 100°C)

$$H = m.C_p.\Delta T + m.\lambda$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 12708.83 \text{ kg}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1.0076 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\lambda \text{ H}_2\text{O} = 540.50 \text{ kkal/kg}$$

$$\begin{aligned} H \text{ H}_2\text{O} &= (12708.83 \times 1.0076 \times (60-25)) + (12708.83 \times 540.5) \\ &= 509843.37 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Entalpi bahan keluar :

$$H = m.C_p.\Delta T + m.\lambda$$

Komponen	Massa (kg)	C _p (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	λ (kkal/kg)	H (kkal)
Uap air	2541.77	0.45	7.00	540.50	11088.83
Kondensat	10167.06	1.00	7.00	540.50	81877.01
TOTAL	12708.83				92965.83

Neraca Energi Total :

$$\text{Entalpi bahan masuk} = \text{Entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

$$509843.37 = 92965.83 + Q_{\text{serap}}$$

$$Q_{\text{serap}} = 416877.53 \text{ kkal}$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^\circ\text{C (Ulrich; 427)}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 45^\circ\text{C (Ulrich; 427)}$$

$$C_p \text{ air pendingin} = 1 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{serap}} = m.C_p.\Delta T$$

$$m \text{ air pendingin} = Q_{\text{serap}}/(C_p.\Delta T)$$

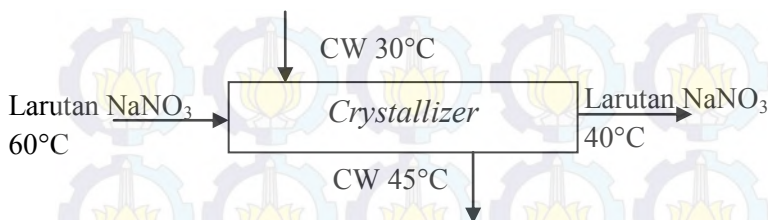
$$= 27791.84 \text{ kg}$$

Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
H ₂ O (uap air)	509843.37	H ₂ O (uap air)	11088.83
		H ₂ O (kondensat)	81877.01
		Q serap	416877.53
TOTAL	509843.37	TOTAL	509843.37

6. Crystallizer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.



Neraca Energi Total :

Entalpi bahan masuk + Q crystallization = entalpi bahan keluar + Qserap

Entalpi bahan masuk (pada suhu 60°C)

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.C)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH (Kkal)
HNO ₃	113.86	0.439	35.00	1749.46
NaOH(aq)	2472.94	0.356	35.00	30812.80
H ₂ O _(l)	5446.12	1.00	35.00	190614.11
NaNO ₃	7527.42	0.26	35.00	69026.45
Total	15560.34			292202.82

Entalpi bahan keluar (pada suhu 40°C)

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.C)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH (Kkal)
HNO ₃	113.86	0.44	15.00	749.77
NaOH(aq)	2472.94	0.36	15.00	13205.49
H ₂ O _(l)	1886.34	1.00	15.00	137447.00
NaNO ₃	9163.13	0.26	15.00	36011.11
Total	13636.27			187413.36

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Panas kristalisasi, $Q_{\text{crystallization}}$:

$$Q_{\text{crystallization}} = \Delta H_s \times \text{mol Kristal}$$

$$\Delta H_s \text{ NaNO}_3 = -0.94 \text{ kkal/mol (kirk-othmer)}$$

$$\text{Mol Kristal} = 75.74 \text{ kmol} = 75742.31 \text{ mol}$$

$$Q_{\text{crystallization}} = 71414.18 \text{ kkal}$$

Neraca Energi Total :

$$\text{Entalpi bahan masuk} + Q_{\text{crystallization}} = \text{Entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

$$292202.82 + 71414.18 = 187413.36 + Q_{\text{serap}}$$

$$Q_{\text{serap}} = 176203.64 \text{ kkal/jam}$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 42^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ air pendingin} = 1 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{serap}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m \text{ air pendingin} = Q_{\text{serap}} / (C_p \cdot \Delta T)$$

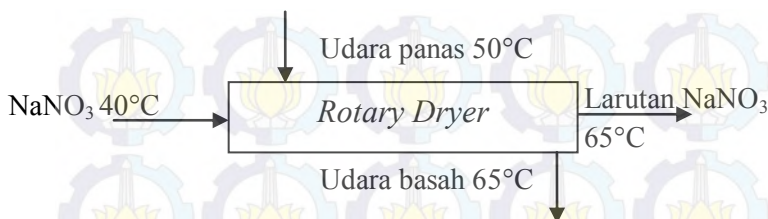
$$= 14683,64 \text{ kg/jam}$$

Neraca Energi

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
HNO ₃	1749.46	HNO ₃	749.77
NaOH(aq)	30812.80	NaOH	13205.49
H ₂ O _(l)	190614.11	H ₂ O(l)	137447.00
NaNO ₃	69026.45	NaNO ₃	36011.11
$Q_{\text{crystallization}}$	71414.18	Q_{serap}	176203.64
TOTAL	363617.00	TOTAL	363617.00

7. Rotary Dryer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.



Dasar Perhitungan :

- $C_p \text{ solid} = C_p \text{ sodium nitrat (diasumsikan konstan)}$
- Panas hilang (Q_{loss}) = kurang lebih 5% dari panas masuk
- Udara panas masuk pada suhu 50°C dan relative humidity 50%
 $TG2 = 50^\circ\text{C}$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = $0.045 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$
(Fig 9.3-2 Geankoplis)

- Untuk rotary Dryer, harga N_t berkisar antara 1,5 sampai 2,5 (Mc-Cabe)
- Dari humidity chart untuk $TG2 \ 50^\circ\text{C}$ dengan $H_2=0.045 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$, maka diperoleh:
 $T_w = 37.5^\circ\text{C}$

$$N_t = \ln(TG2 - T_w) / (TG1 - T_w)$$

$$2 = 2.525729 / (TG1 - 37.5)$$

$$TG1 = 38.76286^\circ\text{C}$$

- Rate Solid Masuk (L_s) = 5536.3963 kg
- Suhu Masuk Solid (T_{s1}) = 40°C
- Suhu Solid Keluar (T_{s2}) = 65°C
- Kapasitas panas solid C_{ps} = $0.299 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{K}$
- Kapasitas udara C_{pa} = $1.00142 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{K}$
- Suhu referen (T_0) = 25°C
- Panas latent = 2270.14 kJ/kg
= 542.576 kkal/kg

$$X1 = \text{Massa H}_2\text{O} / \text{Massa Feed Kering}$$

$$= 291.389 / 5536.39$$

$$= 0.052 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

- Kadar air dalam produk keluar : 1%

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$X_2 = 0.01 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

Neraca Massa Komponen Air :

$$\begin{aligned} G.H_2 + L_s.X_1 &= G.H_1 + L_s.X_2 \\ 0.045 G + 291.3893 &= G.H_1 + 55.363963 \\ 0.045 G + 236.0253 &= G.H_1 \\ G.H_1 &= 236.0253 + 0.045 G \dots (1) \end{aligned}$$

Komponen Masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$\begin{aligned} H'G_2 &= C_s.(TG_2-T_0) + H_1.\lambda_0 \\ &= (1.005+1.88H_2)(TG_2-T_0) + (0.045 \times 542,57645) \\ &= (1.005+1.88[0.045])(50-25) + 6,8794 \\ &= (1.0896 \times 25) + 24.4159417 \\ &= 51.6559417 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk :

$$\begin{aligned} H's_1 &= C_{ps}(Ts_1-T_0) + X_1.C_{pa}.(Ts_1-T_0) \\ &= 0.299 (40-25) + (0.052 \times 1.00142).(40-25) \\ &= 4.49000185 + 0.790595 \\ &= 5 \text{ kkal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Komponen Keluar :

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned} H'G_1 &= C_s.(TG_1-T_0) + H_1.\lambda_0 \\ &= (1.005+1.88H_1)(TG_1-T_0) + (H_1 \times 542,576) \\ &= (1.005+1.88H_1)(53.8806-25) + 608.795H_1 \\ &= 13.831 + 568H_1 \dots (2) \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned} H's_2 &= C_{ps}.(Ts_2-T_0) + X_2.C_{pa}.(Ts_2-T_0) \\ &= 0.299 (65-25) + (0.01 \times 1.00142).(65-25) \\ &= 11.9733383 + 0.400568 \\ &= 12 \text{ kkal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

$$\begin{aligned} G.H'G_2 + L_s.H's_1 &= G.H'G_1 + L_s.H's_2 + Q \text{ loss} \\ G.H'G_2 + L_s.H's_1 &= G.H'G_1 + L_s.H's_2 + \end{aligned}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 51.6559417G + 29235.475 &= (5\%*(G.H'G2+Ls.H's1)) \\
 40733 &= G.H'G1 + 68506.85 + 3G + 1462 \\
 &= 35.24147G + 568H1G \dots (3)
 \end{aligned}$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (3)

$$\begin{aligned}
 35.24147G + 568H1G &= 40733 \\
 35.24147G - 568 (236.0253 + 0.045 G) &= 40733 \\
 35.24147 G - 25.58028G - 134168.75 &= 40733 \\
 9.661186 G &= 174902 \\
 G &= 18103.5636 \text{ kg udara panas} \\
 &\text{/jam}
 \end{aligned}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 G.H1 &= 0.045 G + 236.0253 \\
 18103.6 H1 &= 814.66 + 236.0253 \\
 H1 &= 0.05804 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (2)

$$\begin{aligned}
 H'G1 &= 13.831 + 568H1 \\
 &= 13.831 + 568 (0.05804) \\
 &= 46.80 \text{ kkal/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Entalpi masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi bahan} &= Ls.H's1 \\
 &= 5536.40 \times 5 \\
 &= 27681.98 \text{ kkal} \\
 \text{Entalpi udara} &= G.H'G2 \\
 &= 18103.56 \times 51.66 \\
 &= 935156.63 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Entalpi keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi bahan} &= Ls.H's2 \\
 &= 5536.40 \times 12 \\
 &= 66436.76 \text{ kkal} \\
 \text{Entalpi udara} &= G.H'G1 \\
 &= 18103.56 \times 46.80 \\
 &= 847205.50 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

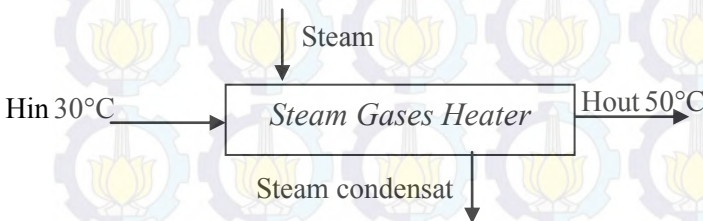
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% Q_{\text{masuk}} \\
 &= 5\% * (\text{Entalpi bahan masuk} + \text{Entalpi udara masuk}) \\
 &= 5\% * (27681.98 + 935156.61) \\
 &= 50897.12 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

NERACA ENERGI

MASUK		KELUAR	
Q _{bahan}	27737.36	Q _{bahan}	66437.35
Q _{udara}	935393.15	Q _{udara}	847205.61
		Q _{loss}	50912.55
TOTAL	964555.52		964555.52

8. Heater

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk rotary dryer



Berdasarkan Geankoplis Appendix A.2 dan A.3 :

$$C_p \text{ udara masuk} = 0.25 \text{ cal/g.}^\circ\text{C} = 1.005 \text{ kJ/kg.K}$$

$$C_p \text{ udara keluar} = 0.245 \text{ cal/g.}^\circ\text{C} = 1.009 \text{ kJ/kg.K}$$

$$C_p \text{ steam masuk} = 1.9 \text{ kJ/kg.K}$$

$$C_p \text{ steam keluar} = 1.9 \text{ kJ/kg.K}$$

d. Menghitung entalpi masuk (Hin)

$$\text{Tudara masuk} = 30^\circ\text{C} = 303^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ udara masuk} = 1.0048 \text{ kJ/kg.K}$$

$$m \text{ udara masuk} = 454037.3757 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}
 H &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 454037.3757 \times 1.0048 \times (303 - 298) \\
 &= 2281083.775 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

e. Menghitung entalpi keluar (Hout)

$$\text{Tudara keluar} = 95^\circ\text{C} = 368^\circ\text{K}$$

Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ udara keluar} &= 1.0090 \text{ kJ/kg.K} \\
 m \text{ udara keluar} &= 459701.9832 \text{ kg/hari} \\
 H &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 459701.9832 \times 1.0090 \times (368-298) \\
 &= 32468751.07 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi Bahan			
Hin (kJ)	2281083.775	Hout (kJ)	32468751.07

f. Menghitung kebutuhan steam :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{steam}} &= 394^\circ\text{K} \\
 H_v &= 2708.1 \text{ kJ} \\
 H_L &= 509.03 \text{ kJ} \\
 Q_s &= m \times \lambda \\
 &= (2708.1 - 509.03) \times m \\
 &= 2199.07 \text{ m kJ/kg} \\
 Q_c &= 509.03 \text{ kJ} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_s \\
 &= 5\% \times 2199.07 \text{ m kJ/kg} \\
 &= 109.9535 \text{ m kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ masuk} + Q_{\text{in}} &= H \text{ keluar} + Q_{\text{out}} \\
 2281083.78 + 2199.07m &= 32469260.1 + 109.9535m \\
 2089.1165m &= 30188176.33 \text{ kg} \\
 m &= 14450.21 \text{ kg/hari} \\
 &= 123.333 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 31777027.715 \text{ kJ} \\
 Q_{\text{cw}} &= 509.030 \text{ kJ} \\
 Q_{\text{loss}} &= 1588851.386 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

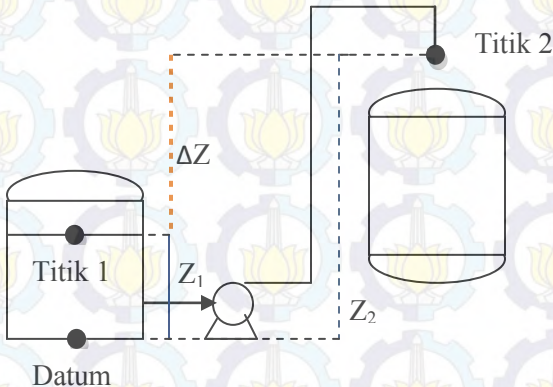
Appendiks B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	2281083.775	H	32468751.074
Q s	31777027.715	Q c	509.030
		Q loss	1588851.386
TOTAL	34058111.490	TOTAL	34058111.490

APPENDIKS C

Perhitungan Spesifikasi Alat

1.POMPA (L-116)



$$\rho \text{ Larutan} = 67.28 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ Larutan} = 2 \text{ cp}$$

$$= 0.00134 \text{ lb/ft.s}$$

$$\text{Rate massa masuk} = 1033807.65 \text{ kg/hari}$$

$$= 2279167 \text{ lb/hari}$$

$$= 26.38 \text{ lb/s}$$

$$\text{Rate volumetric} = \frac{m}{\rho} = \frac{26.38}{67.28} = 0.3921 \text{ ft}^3/\text{s} = 176 \text{ gpm}$$

Asumsi aliran turbulen

$$\text{Di optimum} = 3.9 \times (Q)^{0.45} \times (\rho)^{0.13}$$

$$= 3.9 \times (0.3921)^{0.45} \times (67.28)^{0.13}$$

$$= 4.423 \text{ in} = 0.112 \text{ m}$$

Digunakan pipa 5 in sch 40

$$ID = 5.047 \text{ in} = 0.128 \text{ m} = 0.421 \text{ ft}$$

$$A = 0.139 \text{ ft}^2 = 0.01293 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.392}{0.139} = 2.821 \text{ ft/s} = 0.856 \text{ m/s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times D \times v}{\mu}$$

$$NRe = \frac{67.28 \times 0.421 \times 2.821}{0.00134} = 59406.2$$

Perhitungan friksi

1. Friksi yang terjadi karena sudden contraction

$$h_c = \frac{K_c \times v^2}{2\alpha}$$

dimana, $K_c = 0.55(1 - (A_2/A_1))$

$$v^2 = v$$

Karena luas permukaan tangki sangat jauh lebih besar dari luas permukaan pipa, maka :

$$h_c = \frac{0.55 \times 0.856^2}{2 \times 1} = 0.202 \text{ J/kg}$$

2. Friksi karena pipa lurus

Panjang pipa lurus diperkirakan = 25 m

Bahan pipa adalah commercial steel, dengan $\varepsilon = 0.000046$

Sehingga diperoleh $\varepsilon/D = 0.00036$

$$NRe = 59406.2$$

Dari geankoplis Fig 2.20-3 diperoleh $f = 0.005$

$$F_f = \frac{4 f \times v^2 \times L}{2 \times D} = \frac{4 \times 0.005 \times 0.856^2 \times 25}{2 \times 0.128} = 1.429 \text{ J/kg}$$

3. Friksi karena belokan dan valve

$$H_f = 3 \frac{K_f \times v^2}{2} + \frac{K_f \times v^2}{2}$$

$$= 3 \frac{0.75 \times 0.856^2}{2} + \frac{1 \times 9.5 \times 0.856^2}{2} = 4.305 \text{ J/kg}$$

4. Friksi yang terjadi karena expansion

$$h_c = \frac{K_{ex} \times v^2}{2\alpha}$$

$$\text{dimana, } K_{ex} = (1 - (A_2/A_3))^2$$

Karena luas permukaan tangki sangat jauh lebih besar dari luas permukaan pipa, maka :

$$h_{ex} = \frac{1 \times 0.856^2}{2 \times 1} = 0.366 \text{ J/kg}$$

Jadi friksi pada pipa,

$$\begin{aligned} \Sigma F_s &= h_c + F_f + h_f + h_{ex} \\ &= 0.202 + 1.429 + 4.305 + 0.366 = 6.302 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 g + \frac{P_1}{\rho_1} + \left(\frac{v_1}{2\alpha}\right)^2 - W_s - \Sigma F &= Z_2 g + \frac{P_2}{\rho_2} + \left(\frac{v_2}{2\alpha}\right)^2 \\ -W_s &= 173.628 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 70 %

$$W_p = \frac{W_s}{\eta}$$

$$W_p = \frac{173.628}{0.7} = 247.536 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump kW power} &= \frac{W_p \times m}{1000} \\ &= \frac{247.536 \times 11.965}{1000} = 2.96 \text{ kW} \end{aligned}$$

Efisiensi motor (η_e) = 80% (Peter, 1976)

$$\text{Power motor} = \frac{2.96}{0.8} = 3.702 \text{ kW} = 5 \text{ Hp}$$

Spesifikasi alat

Nama : Pompa L-116
Fungsi : Memompa larutan NaOH dari tangki penyimpanan

Appendiks C-Perhitungan Spesifikasi Alat
menuju reaktor netralisasi

Tipe : Centrifugal pump
Jumlah : 1
Kapasitas : 0.3921 ft³/s
Power : 5 Hp

2. HEATER (E-242)

Fungsi : Memanaskan udara dari suhu 30°C sampai 50°C
Tipe : Shell and Tube Heat Exchanger
Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
Jumlah : 1 buah

Dari Appendiks neraca massa diketahui:

Udara

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t = 37174.1 \times 0.25 \times (122-86) = 334567.1 \text{ Btu/hr}$$

Steam

$$W = \frac{Q}{h_{fg}} = \frac{334567.1}{945.6} = 353.81091 \text{ lb/jam}$$

Direnakanakan menggunakan $\frac{3}{4}$ in OD 1 in square pitch, 16 BWG, 16'0" long.

1. ΔT : LMTD

Hot Fluid		Cold Fluid	Differences
249.8	Higher temp	122	128
249.8	Lower Tem	86	163.8
0	Differences	36	-36

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{128 - 163.8}{\ln \frac{128}{163.8}} = 145.1^\circ F$$

2. R dan S

$$R = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1} = 0 \quad ; \quad S = \frac{t_2 - t_1}{T_2 - t_1} = 0.22$$

Dari (Fig. 18, Kern) diperoleh nilai $F_T = 1$ sehingga dipilih 1-2 exchanger.

Trial

- (a) Asumsi $U_D = 10$ dari (table 8) Untuk *heater: Steam – gases* nilai U_D antara 5-50

$$A_s = \frac{Q}{U_D \Delta t} = \frac{334567.1}{10 \times 145.1} = 230.65 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,1963 \quad (\text{Table. 10, Kern})$$

$$\text{Number of tubes, } N_t = \frac{230.65}{16 \times 0.1963} = 73$$

- (b) Direncanakan 2 passes. Dari (Tabel. 9, Kern) tube counts: 76 tubes didapatkan $\frac{3}{4}$ in OD on 1 in square pitch.

$$N_t \text{ yang terdekat} = 76$$

$$\text{ID shell} = 12 \text{ in}$$

$$\text{Tube passes} = 2$$

	Fluida Dingin, Tube, Udara		Fluida Panas, Shell, Steam
4	Flow Area (a_t) = 0,302 $a_t = N_t a' / 144 n$ $= 76 \times 0.302 / 144 \times 2$ $= 0,079 \text{ ft}^2$	4'	Flow Area (a_a) = 7,981 $a_a = \text{ID} \times C'B / 144 \times P_T$ $= \frac{12 \times 0.25 \times 2}{144 \times 1}$ $= 0.08 \text{ ft}^2$
5	Mass Velocity $G_t = W / a_t = \frac{37174}{0,079}$ $= 466458.2 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$ $V = Gt / \rho \cdot 3600 = \frac{466458.2}{75 \times 3600}$ $= 1.74 \text{ fps}$	5'	Mass Velocity $G_a = W / a_a = \frac{354}{0.08}$ $= 4245.7 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$
6	Menghitung Bilangan Re_t Pada $T = 104^\circ\text{F}$ $\mu = 0.015 \times 2.42 = 0.0363$ lb/(ft)(hr) (Fig. 15, Kern) $D = 0,62/12 = 0,052 \text{ ft}$ (Table 10, Kern) $Re_t = \frac{DG_t}{\mu}$ $= \frac{0,052 \times 466458.2}{0.0363}$ $= 663921$	6'	Menghitung Bilangan Re_a Pada $T = 250^\circ\text{F}$ $\mu = 0,18 \times 2,42 = 0.4356$ lb/(ft)(hr) (Fig. 15, Kern) $D = 0,95/12 = 0,0792 \text{ ft}$ (Table 10, Kern) $Re_t = \frac{DG_t}{\mu} = \frac{0,0792 \times 4245.7}{0.4356}$ $= 771.6$

7		7'	Menentukan jH $jH = 10$
8		8'	Pada T = 250°F $k = 0,394 \text{ Btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})$ $\frac{c}{k} = \frac{0.453 \times 0.4356}{0.394} = 0.794$
9.	$hi = 400$ $hio = hi \times \frac{ID}{OD}$ $hio = 400 \times \frac{0.62}{0.75} = 330.67$	9'	$ho = 10 \times \frac{0.394}{0.079} \times 0.794 = 39.52$
10		10'	Tube wall Temperature $tw = tc + \frac{ho}{hio+ho} (Tc-tc)$ $tw = 151.22 \text{ F}$
11	At $tw = 151.22$, $\mu = 0.5808$ $\phi_s = (0.0363/0.05808)^{0.14}$ $\phi_s = 0.9$	11'	At $tw = 151.22$, $\mu = 1.089$ $\phi_s = (0.4356/1.089)^{0.14}$ $\phi_s = 0.88$
12	Corrected Coefficient $Hio = hio \times \phi_s$ $Hio = 330.67 \times 0.9 = 309.61$	12'	Corrected Coefficient $Ho = ho \times \phi_s$ $Ho = 39.52 \times 0.88 = 34.76$

$$U_c = \frac{hio \times ho}{hio+ho} = \frac{309.61 \times 34.76}{309.61+34.76} = 31.255 \text{ Btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})$$

Design Overall Coefficient

$$A = 238.7$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta T} = \frac{334567.1}{238.7 \times 145.1} = 10$$

Dirt factor (Rd)

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = \frac{31.255 - 10}{31.255 \times 10} = 0.0715$$

Rd hitung > Rd ketetapan sehingga rancangan HE sudah memenuhi standard

Pressure Drop

1	Untuk $R_{et} = 663921$ $f = 0,0001 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Fig. 26, Kern)	1'	Untuk $R_{ea} = 771.6$ $f = 0,0035 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Fig. 29, Kern)
2	$\Delta P_t = \frac{f G t^2 L n}{5,22 \times 10^{10} D e \phi t}$ $= \frac{0,0001 \times (466458.2)^2 \times 16 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0.052 \times 1}$ $= 0.26 \text{ psi}$	2'	No. Of crosses, $(N+1) = 12 \text{ L/B}$ $N + 1 = \frac{12 \times L}{B}$ $N + 1 = \frac{12 \times 16}{4} = 48$ $De = 12/12 = 1$
3	$Gt = 466458.2$ $V^2/2g = 0.02$ $\Delta P_n = \frac{4 n \times v^2}{s \times 2g} = \frac{4 \times 2 \times 0.02}{1} = 0.16$ $\Delta P_t = 0.26 + 0.16 = 0.42 \text{ psi}$ $\Delta P_t \text{ yang diizinkan} = 2 \text{ psi}$	3'	$\Delta P_s = \frac{f G s^2 D s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} D e s e} = \frac{0,0035 \times (4245.7)^2 \times 1 \times 48}{5,22 \times 10^{10} \times 0.0792 \times 1 \times 1}$ $= 0.004 \text{ psi}$ $\Delta P_s \text{ yang diizinkan} = 2 \text{ psi}$

Ringkasan

Uc	31.255	
Ud	10	
Rd Calculated	0.07	
Rd Required	0.003	
0.42 psi	Calculated P	0.004 psi
2 psi	Allowable P	2 psi

Spesifikasi Alat

Nama alat : Heater (E-242)
 Fungsi : Memanaskan udara luar dari suhu 30°C sampai 50°C
 Sebelum masuk ke Rotary Dryer

Appendiks C-Perhitungan Spesifikasi Alat

Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
Tipe : Shell and Tube Heat Exchanger
Jumlah : 1
Ukuran :

Shell side

IDs : 12 in

n : 1

Baffle : 4 in

Tube side

OD : $\frac{3}{4}$ in

Nt : 76

L : 16 ft

BWG : 16

n : 2

Pt : 1 in squar

3. Reaktor Netralisasi (R-110)

Menentukan ukuran tangki

Untuk perancangan, volume reaktor diambil 120 % dari volume larutan
 volume reaktor = (1.2) (23.26298491) = 27.91558189 m³

Ditentukan perbandingan, H/D = 1.25,
 dengan H = tinggi dan D = diameter

$$\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = 27.91558189 \text{ m}^3$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 1.25 D = 27.91558189 \text{ m}^3$$

$$D^3 = 28.44900066 \text{ m}^3$$

$$D = 3.052734291 \text{ m}$$

$$H = 1.25 \cdot D = 1.25 \times 3.052734291 = 3.815917864 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell

Diameter dalam : 120.18 in

Tekanan operasi : 1 atm (14.7 psi)

Suhu operasi : 60°C (194°F)

Bahan konstruksi : Stainless steel SA 229, f = 18750 psi (appendix

D, Brownell-Young)

c = Faktor korosi : 0.125 in

E = Efisiensi sambungan : 0.8

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young :

$$t = \frac{p \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot p} + c$$

$$= \frac{(14.7 \text{ psi}) (60.093 \text{ in})}{(18750 \text{ psi}) (0.8) - 0.6 \times (14.7 \text{ psi})} + 0,125$$

$$= 0.1839 \text{ in}$$

Dipakai tebal shell standar, $t = 3/16 \text{ in}$

$$OD = ID + 2 \cdot t = 120.18 + 2 \times (3/16) = 120.56 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 120 in

Koreksi: $ID = OD - 2t$

$$= 120 - 2 \times 3/16 = 119.625 \text{ in} = 3.038 \text{ m}$$

Menentukan tebal head dan volume head

Bentuk head = torispherical dished head

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young

$$th = \frac{0.855 \cdot p \cdot r}{f \cdot E - 0.1 \cdot p} + c$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young : $i \cdot cr = 7.25 \text{ in}$

$$r = 114 \text{ in}$$

maka,

$$th = \frac{0.855 (14.7) (114)}{(18750) (0.8) - 0.1 (14.7)} + 0,125$$

$$= 0.223 \text{ in}$$

Dipakai tebal head = 4/16 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

$$\frac{I_{cr}}{OD} = \frac{7.25}{120} = 0.06 = 6 \%$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head.

$$V = 4.9E-05 \times (D_i)^3$$

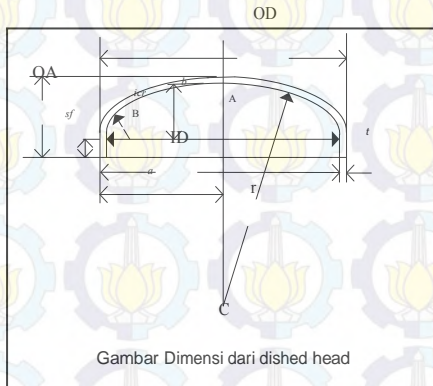
dengan :

V = volume dalam ft³

Di = diameter dalam, in

$$V = 4.9E-05 \times (119.625)^3$$

$$= 84 \text{ ft}^3 = 2.375 \text{ m}^3$$



Gambar Dimensi dari dished head

$$th_a = 4/16 \text{ in} \quad (\text{Brownell and Young, table 5.7, p.91})$$

$$sf = 2 \text{ in} \quad (\text{Brownell and Young, table 5.6, p.88})$$

$$icr = 7.25 \text{ in} \quad (\text{Brownell and Young, table 5.7, p.90})$$

$$r = 114 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{119.625}{2} = 59.8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 59.8125 - 7.25 = 52.5625 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 114 - 7.25 = 106.75 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{(BC^2 - AB^2)} \\ &= \sqrt{(106.75^2 - 52.5625^2)} \\ &= 92.91 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = r - AC = 114 - 92.91 = 21.08 \text{ in} = 0.535 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} OA &= b + sf + th \\ &= 21.08 \text{ in} + 2 + 0.25 \\ &= 23.33 \text{ in} = 0.592 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi head} &= 0.592 \text{ Tinggi reaktor} = \text{tinggi shell} + 2 (\text{tinggi head}) \\ &= 3.816 \text{ m} + 2 \cdot (0.592 \text{ m}) \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas penampang reaktor:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot 3.038^2 \end{aligned}$$

$$A = 7.247 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume head bawah, } V_h = 2.375 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam reaktor} = 23.26 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan dalam bagian shell} &= \text{volume larutan} - \text{vol head} \\ \text{bawah} &= 23.26 - 2.375 = 20.887 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi larutan dalam bagian shell :}$$

$$= \frac{\text{volume larutan}}{\text{luas penampang}}$$

$$= \frac{20.887 \text{ m}^3}{7.247 \text{ m}^2}$$

$$= 2.88 \text{ m}$$

Tinggi larutan dalam shell dan head bawah :
 $= 2.88 + 0.592 \text{ m} = 3.474 \text{ m}$

Volume Reaktor

$$\text{Volume shell} = A \times \text{tinggi shell}$$

$$= 7.247 \times 3.816 = 27.65 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume shell} + 2 (\text{Volume head})$$

$$= 27.65 \text{ m}^3 + 2 \cdot (2.375)$$

$$= 32.407 \text{ m}^3$$

Perhitungan Pengaduk

Dipakai impeller jenis flat blade turbin

(Geankoplis, p.142)

Dimana :

Da = Diameter impeller

Dt = Diameter tangki

H = Tinggi liquid

W = Tinggi impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang pengaduk

C = Jarak pengaduk ke dasar tangki

Ketentuan :

- perbandingan diameter impeller dengan diameter reactor adalah
 $Da/Dt = 1/3$, $Da = 1/3 \cdot Dt = 1/3 \cdot 3.038 = 1.0128 \text{ m}$
- perbandingan posisi sudu impeller dengan diameter impeller adalah
 $E/Da = 1$, $E = Da = 1.0128 \text{ m}$
- perbandingan lebar impeller dengan diameter impeller adalah
 $W/Da = 1/5$, $W = 1/5 \cdot 1.0128 = 0.2025 \text{ m}$
- perbandingan kedalaman baffle dengan diameter reaktor adalah
 $j/Dt = 1/12$, $j = 1/12 \cdot Dt = 1/12 \cdot 3.038 = 0.253 \text{ m}$
- perbandingan panjang sudu impeller dengan diameter impeller adalah
 $L/Da = 1/4$, $L = 1/4 \cdot Da = 1/4 \cdot 1.0128 = 0.253 \text{ m}$

Memperkirakan Kecepatan Putaran Pengaduk

Kecepatan putar pengaduk dihitung dengan persamaan 8.8 (Rase,1977)

$$\frac{WELH}{2.Da} = \left[\frac{\pi.Da.N}{600} \right]^2$$

dengan :

$$\begin{aligned} WELH &= \text{water equivalent liquid height} \\ &= \text{tinggi cairan} \times \text{specific gravity} \\ &= (3.474) (1.266) \\ &= 4.3 \text{ m} = 14.12 \text{ ft} \end{aligned}$$

Da = diameter impeller

$$= 1.0128 \text{ m} = 3.32 \text{ ft}$$

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

$$N^2 = \frac{WELH}{2.Da} \cdot \left[\frac{600}{\pi.Da} \right]^2$$

$$N^2 = \frac{14.12}{2 \times 3.32} \cdot \left[\frac{600}{3.14 \times 3.32} \right]^2$$

$$N = 83.95 \text{ rpm} = 1.4 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$Re = \frac{Da^2.N.\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{(1.0128 \text{ m})^2 (1.4 \text{ 1/det}) (1109.3 \text{ kg/m}^3)}{0.00219 \text{ kg/det.m}}$$

$$= 725409.5$$

Dari fig.19-13 (Perry, 1984) kurva no.1 didapatkan power number $N_p = 5$

Tenaga untuk pengadukan:

$$P = \frac{N_p \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g}$$

$$P = \frac{(5) (83.95 \text{ 1/men})^3 (1.0128 \text{ m})^5 (1109.3 \text{ kg/m}^3)}{(9.8 \text{ m/det}^2) (60 \text{ det/men})^2}$$

$$= 99142.3 \text{ kg.m/men}$$

$$= 717085.8 \text{ lb.ft/men} \cdot \frac{1 \text{ Hp}}{33000 \text{ ft.lb/men}}$$

$$= 22 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor 85 %, maka

Tenaga motor untuk pengaduk = $22 / 0.85 = 26 \text{ Hp}$

Spesifikasi

Nama alat : Reaktor Netralisasi
 Kode alat : R-110
 Kapasitas : 32.4 m³
 Bentuk : Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan bawah berbentuk torispherical dishead head

Ukuran :

Diameter : 3.038 m
 Tinggi tangki : 5 m
 Tebal tangki : 0.1875 in
 Tebal tutup atas : 0.25 in
 Tebal tutup bawah : 0.25 in

Jenis las : Double welded butt joint

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA-229

Jumlah : 1

Pengaduk :

Jenis pengaduk : flat blade turbin

Diameter impeller, Da : 1.0128 m

Kecepatan putar : 84 rpm

Daya motor : 26 Hp

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Penulis dilahirkan di Gresik 12 Mei 1992, merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Gresik, SDN Indro Gresik, SMPN 1 Gresik, dan SMAN 1 Kebomas. Setelah lulus dari SMAN 1 Kebomas tahun 2011, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP. 2311 030 037.

Selama kuliah, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dengan bergabung dalam bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) sebagai staf periode kepengurusan 2012/2014, serta beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di tingkat jurusan dan institut.

Alamat email: rikisutanto@gmail.com

PENULIS II



Penulis dilahirkan di Jakarta 20 Februari 1993, merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyiyah 71 Jakarta Timur, SDN Penggilingan 05 pagi Jakarta Timur, SMPN 236 Jakarta, dan SMAN 103 Jakarta. Setelah lulus dari SMAN 103 Jakarta tahun 2011, Penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP. 2311 030 069.

Selama kuliah, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dengan bergabung dalam bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa (AKESMA) sebagai staf periode kepengurusan 2012/2014, serta beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di tingkat jurusan dan institut.

Alamat email: febry.fakhrina@gmail.com